

การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 61

The 61st Kasetsart University Annual Conference

วันที่ 1-3 มีนาคม 2566 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

“เกษตรศาสตร์เพื่อมวลชน: พัฒนาศาสตร์แห่งแผ่นดิน สู่สภาวะอย่างยั่งยืน”

“KASETSART for All: Expanding Knowledge of the Land towards Sustainable Well-Being”

Proceedings NO. 1

AGRICULTURAL SCIENCES

- สาขาพืช
Plants
- สาขาสัตว์
Animals
- สาขาสัตวแพทยศาสตร์
Veterinary Medicine
- สาขาประมง
Fisheries
- สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์
Agricultural Extension and Home Economics



เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 61 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Proceedings of the 61st Kasetsart University Annual Conference

1-3 มีนาคม 2566 (March 1-3, 2023)

เล่มที่ 1

สาขาพืช

(Subject: Plants)

สาขาสัตว์

(Subject: Animals)

สาขาสัตวแพทยศาสตร์

(Subject: Veterinary Medicine)

สาขาประมง

(Subject: Fisheries)

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์

(Subject: Agricultural Extension and Home Economics)

จัดโดย (Organized by)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

ร่วมกับ (in cooperation with)

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

(Ministry of Education, Science, Research and Innovation)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Ministry of Agriculture and Cooperatives)

กระทรวงศึกษาธิการ (Ministry of Education)

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Ministry of Natural Resource and Environment)

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (Ministry of Digital Economy and Society)

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

(Thailand Science Research and Innovation)

สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council of Thailand)

เครือข่ายวิจัยประชานิยม (Prachacheun Research Network)

เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 61 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Proceedings of the 61st Kasetsart University Annual Conference

วันที่ 1-3 มีนาคม 2566 (March 1-3, 2023)

จัดโดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 เดือน เมษายน 2566

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์เป็นของ

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 02-579-5548

ISBN (e-book) (ชุด): 978-616-278-768-3

คำนำ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้จัดการประชุมวิชาการอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี โดยร่วมกับ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และเครือข่ายวิจัยประชาชื่น จัดให้มีการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 61 ระหว่างวันที่ 1-3 มีนาคม พ.ศ. 2566 ภายใต้หัวข้อ “เกษตรศาสตร์ เพื่อมวลชน: พัฒนาศาสตร์แห่งแผ่นดิน สู่อุษภวะอย่างยั่งยืน” (KASETSART for All: Expanding Knowledge of the Land towards Sustainable Well-Being) เพื่อมุ่งส่งเสริมให้นักวิชาการและคณาจารย์ จากสาขาต่างๆ นำเสนอผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์ และความชำนาญ ระหว่าง นักวิชาการ คณาจารย์ของภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งจะนำไปสู่ความร่วมมือทางการวิจัยและยังเปิดโอกาส ให้นักศึกษา ได้แสดงผลงานทางวิชาการ โดยความรู้และวิทยาการใหม่ๆ ดังกล่าว ยังได้ถ่ายทอด เผยแพร่สู่สาธารณชน อันจะนำมาซึ่งความกินดี อยู่ดี และการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

การนำเสนอผลงานวิชาการประกอบด้วยภาคบรรยายจำนวน 167 เรื่อง และภาคโปสเตอร์จำนวน 66 เรื่อง รวม 233 เรื่อง แบ่งออกเป็น 12 สาขา ได้แก่ สาขาพืช สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ สาขา ประมง สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาวิศวกรรมศาสตร์และ สถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สาขา ศึกษาศาสตร์ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ โดยได้รับการ พิจารณาให้ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่องเต็มใน E-Proceedings จำนวน 216 เรื่อง

เอกสารฉบับนี้เป็นการรวบรวมผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์ เล่มที่ 1 ประกอบด้วย **สาขาพืช** จำนวน 24 เรื่อง **สาขาสัตว์** จำนวน 5 เรื่อง **สาขา สัตวแพทยศาสตร์** จำนวน 6 เรื่อง **สาขาประมง** จำนวน 9 เรื่อง และ**สาขาส่งเสริมการเกษตรและ คหกรรมศาสตร์** จำนวน 6 เรื่อง ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำสาขา

ในนามของคณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 61 ขอขอบคุณ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนิสิต นักศึกษา ที่ได้ร่วมนำเสนอผลงานวิจัย และผู้ที่สนใจเข้าร่วมการประชุม ทางวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการทุกฝ่ายที่สละเวลา แรงกาย แรงใจและความคิด ร่วมมือกัน จัดเตรียมการประชุม จนทำให้การประชุมทางวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



(ดร.จรงค์ วัชรินทร์รัตน์)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประธานคณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 61



ความสมบูรณ์ของการเสนอผลงาน
ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 61
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประกอบด้วย หนังสือรับรองการมาเสนอผลงาน
และการได้ตีพิมพ์ลงในเอกสารบทความย่อ

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: kuannualconf@gmail.com

Website: <http://annualconference.ku.ac.th>,

<https://www3.rdi.ku.ac.th/>

สารบัญ

สาขาพืช (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	30	Predicting species distribution using MaxEnt – a case of the simple thalloid liverwort genus <i>Aneura</i> Dumort. in Thailand <u>Nopparat Anantaprayoon, Ekaphan Kraichak</u>	2
2	63	Statistical Classification of major landraces in Thai <i>Dioscorea alata</i> with aboveground morphological data <u>Napat Jantaraprasit, Ekaphan Kraichak</u>	11
3	106	การเปรียบเทียบสารฟลาโวนอยด์ในส่วนประกอบของกาหลงขาวและกาหลงแดง <u>ปฤถณญ์ เวทย์วิวรรณ, กนิษฐภัทร ลงยันต์, ณวรัตน์ อึ้งภากรณ์, วิญญูรัตน์ สรรพตานนท์, ศุภิสรา ชาญณรงค์, สวิตตา ไพรเกษตร, ปิยาภัทร ไตรสนธิ, ซาฟิยะห์ สะอะ, พรพิมล ธีัญญะภูมิ</u>	19
4	175	ผลของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยไทม์ ตะไคร้หอม และกานพลูต่อการชะลอการสุกและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยหอมคาเวนดิช <u>ยศวัฒน์ คำสมุทร, วิพรพรรณ เนื่องเม็ก, วาสนา พิทักษ์พล</u>	29
5	81	การจัดทำแผนที่ดิจิทัลของดินที่มีผลกระทบจากเกลือในจังหวัดนครราชสีมาด้วยโมเดล Random Forest <u>พรชัย อุพันธ์พงศ์ชัย, มณีนรัตน์ แจ่มประจักษ์, พชร อริยะสกุล, ดนัย แสนจันทร์ทอง, นฤมล จันทร์จิราวุฒิกุล</u>	36
6	49	การประเมินประชากรมันสำปะหลังรุ่น F ₁ ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์ห่านาที่และพันธุ์ C33 เพื่อศึกษาการกระจายตัวของเครื่องหมายดีเอ็นเอของตำแหน่ง <i>cmd2</i> และปริมาณไซยาไนด์ในหัว <u>ญาณิศฉาน์ ชะเอมทอง, ภัศวี คงศีล, เฉลิมพล ภูมิไชย์, เอกพันธ์ ไกรจักร, ปิยะ กิตติภาดากุล</u>	44
7	67	การประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 ที่พัฒนาจากข้าวโพดหวาน พันธุ์ KSC2(HI)C4 โดยผสมกับสายพันธุ์แม่ของลูกผสมพันธุ์อื่นที่ 2 <u>พิมพ์ชนก ชาลีกุล, โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, และธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส</u>	52
8	70	การประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 ที่พัฒนาจากข้าวโพดหวาน พันธุ์ KSC3(HI)C4 โดยผสมกับสายพันธุ์พ่อของลูกผสมพันธุ์อื่นที่ 2 <u>จิราพรรณ บานชื่น, โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส</u>	60
9	273	การประเมินวิธีการตรวจวัดกรดไขมันโอเมก้า-3 ในสาหร่ายสีเขียว <i>Chlorella</i> sp. KLSc61 <u>ณัฐนันท์ ปรึษาพลกุล, สุกฤต ศิริขวัญพงศ์, เชิดศักดิ์ มณีนรัตน์รุ่งโรจน์</u>	69

สาขาสัตว์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	210	การเจริญเติบโตของกระบือปลักไทยและความสัมพันธ์กับคุณภาพการเลี้ยงของเกษตรกร สุพชัย ปัญญาเอก, ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี, สวัสดิ์ ธรรมบุตร, สโรชิตา แสงจง, ศกร คุณวุฒิมิฤทธิ์ธน	79
2	244	ผลของการเข้าร่วมในระบบการประเมินพันธุกรรมโคนมของเกษตรกรต่อการพัฒนา ความสามารถสำหรับการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมไทย กัญญวรัตน์ เกาะเกตุ, ดนัย จัตวา, ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี, ศกร คุณวุฒิมิฤทธิ์ธน	86
3	13	ผลจากการเกิดเส้นสีขาวแทรกในเนื้ออกไก่ต่อความสามารถในการสูมน้ำของเนื้อและ ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ นภัสสร จำรูญวงษ์, พรรณวดี ไสพวรรณรัตน์, ศชาภรณ์ เต็มยอด, อัจฉรา ชัยน	94
4	46	ความหนาแน่นของประชากรนกกก (Buceros bicornis) ในช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์ บริเวณแก่งกลางของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ นภัสสร มนต์ชัยธนพัฒน์, ยงยุทธ ไตรสุรัตน์, วิจักขณ์ ฉิมโคม	101

สาขาสัตวแพทยศาสตร์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	95	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัข พงษ์ศักดิ์ จันทร์ลอยนภา, สมฤดี สมมาตย์, ปนัดดา คงจันทร์, ชิดชนก คัมภีรานนท์, เสลภูมิ ไพเราะ	111
2	110	การตรวจหาเชื้อแบคทีเรีย <i>Rickettsia</i> และ <i>Bartonella</i> ในเห็บสกุล <i>Rhipicephalus</i> จากสุนัขบ้าน และโคในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดเลย รณยุทธ สุดเสงี่ยม, อรุณี อหันทริก, วัชรินทร์ ตฤณชาติวิศิษฐ์, สุภาณี หิรัญกนกพันธ์	119
3	168	Preparation of a recombinant NS3 protein to be used as an antigen in Bovine Viral Diarrhea Virus diagnostic tests Sitang Arkanita, Preeda Lertwatcharasarakul, Krishna Kumar Thakur, Siriluk Jala, Pipat Arunvipas, Nantawan Yatbantoong	128
4	171	ผลของการบ้วนปากด้วยเชื้อไวรัสฟิอิดีต่อการเพิ่มการสร้างบีตาดีเฟนซินในเยื่อบุลำไส้ ลูกสุกรดุนม มัธยฎณ โฉมทอง, เกพลี แสง-ชูโต, เดชฤทธิ์ นิลอุบล, สัมพันธ์ ธรรมเจริญ, สุทธาสินี ปุญญโชติ	136

สาขาประมง (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	191	การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ประเทพ เจนค่านกลาง, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, ธนัสพงษ์ ไกควนิช, ชาศริต เรืองสอน	145
2	262	การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์: กรณีศึกษาพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี ศรัญญา แยมขมชื่น, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, ชาศริต เรืองสอน, จิตราภรณ์ พักโสภา	154
3	9	การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกราม (<i>Macrobrachium rosenbergii</i> De Man, 1879) กัญญารัตน์ ตี้อ้อ, ศิริพร ประดิษฐ์, ธงชัย นิตริรัฐสุวรรณ	164
4	76	ความผันแปรเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของคุณภาพตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ปี 2562-2564 ศตพร รัตนปริชาชาญ, ชาศริต เรืองสอน, นภาพวิญ แหวนเพชร	176
5	135	การศึกษาเบื้องต้นด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูขาว (<i>Scylla paramamosain</i> Estampador, 1949) ประชากรรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 ที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อดิน ชลดา ลือร่าม, รุ่งทิวา คนสันทัด, วาสนา อากรรรัตน์, วุฒิชัย ช่อนเอี่ยม	185
6	202	พลวัตประชากรแพลงก์ตอนและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จาง กฟผ. แม่เกาะ จังหวัดลำปาง พรพุดติก รัตนไพบูลย์, สุดาพร ตงศิริ, เทพพิทักษ์ บุญทา, จงกล พรหมยะ, อุดมลักษณ์ สมพงษ์	193

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	35	ความรู้และทัศนคติต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (<i>Trichoderma</i>) ของเกษตรกร ในจังหวัดตรัง จอมทอง ชัยภักดี, กอบชัย วรพิมพ์พงษ์	203
2	133	การส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์จากเชื้อ <i>Bacillus subtilis</i> TU 089 เพื่อการจัดการโรคพริก ของเกษตรกร ตำบลนางาม อำเภอเวียงนคร จังหวัดนครพนม ศิริภาณี สมศรี, อ่างเจต พัฒมุข, วนาลัย วิริยะสุทธิ	210
3	86	การผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรของตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด กัญชนก ไต่ะถม, สีนินุช ครุฑเมือง แสนเสริม, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ	220

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
4	97	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ของเกษตรกร ในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง อานันท์ เจริมมงคล, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ, บำเพ็ญ เขียวหวาน	226

สาขาพืช (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	39	ศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอในน้ำและสารละลายโพแทสเซียมไนเตรด ธัญรัตน์ ศิริ, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์, รัฐพล ฉัตรบรรยงค์, พิจิตรา แก้วสอน	235
2	59	การพัฒนาวิธีการทดสอบโรคที่รวดเร็วและประเมินโคลนอ้อยชีวภาพดีเด่นต่อโรคเน่าแดง วีรกรณ์ แสงไสย, นารัตน์ เณรอยู่, เบญจวรรณ รัตวัตร์, รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์	243
3	62	การตอบสนองเบื้องต้นของการใช้สารโคลชิซินต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของ หมากผู้หมากเมียพันธุ์ 'Caruba black' และ 'Chocolate queen' ในสภาพปลอดเชื้อ ชุติมณฑน์ ชั้นสกุล, ปวลิตา กังวลกิจ, เฉอมมาลย์ วงศ์ขาวจันทร์	252
4	82	ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการมีชีวิตรอดและการเจริญเติบโต ของกระชายดำในสภาพปลอดเชื้อ วรชาติ ชัยสมบุญพันธ์, เฉอมมาลย์ วงศ์ขาวจันทร์	260
5	183	ผลของ <i>Burkholderia ferrariae</i> PaS2(1) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรด ในสภาพกระถาง สนธิยา ขำดีป, กนกอร บุญพา, กิตจเมธ แจ็งศิริกุล, บุญทริก ฉิมชาติ	268
6	184	ผลของความเข้มข้น NAA และความเข้มแสงที่แตกต่างกันต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำ กัญชง (พันธุ์ CBD Charlotte's Angel) ภายใต้ระบบปลูกพืชแบบระบบปิด พัทธวีรา กว่างเรืองฤทัย, ธาณี ศรีวงษ์ชัย, สุตเชตต์ นาคะเสถียร, นฤพนธ์ น้อยประสาร, อมรรัตน์ ม้ายอง, ภรณิกา โพธิ์ศิริ	276
7	205	อิทธิพลของขนาดกิ่งที่ใช้ในการเสียบยอดต่ออัตราการรอดชีวิตในการขยายพันธุ์ของพืช กระท่อม (<i>Mitragyna speciosa</i> (Korth.) Havil.) ณัฐวุฒิ นุศิริหาญ, กรรณิการ์ สัจจาพันธ์, ธาณี ศรีวงษ์ชัย, วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร	283
8	220	การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการให้ผลผลิตของถั่วเขียวผิวมัน 5 พันธุ์ ปริญญาลักษณ์ รัตนวิระกุล, นุชนาฏ ต้นวรรณ, สมฤทัย ต้นเจริญ, วนิดา โนนรรเทา, แหวตา พลกุล, ชัชชนพร เกื้อหนู, วิไลรัตน์ แป้นแก้ว, สายน้ำ อุดพัว	289
9	129	การจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย สำหรับการผลิตมันสำปะหลังอินทรีย์ ฐิติพร มะชิโกวา, ดวงกมล เดชดอน, นิรุจน์ คำจุมพล, สุธชล วัณประเสริฐ	298

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
10	140	ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกต่อการควบคุมวัชพืช ในกล้วยหอมทอง เอกรัตน์ อนุทอง, ภัทรพิชชา รุจิระพงศ์ชัย, ปรัชญา เอกฐิน, เทอดพงษ์ มหาวงศ์, อุษณีย์ จินดากุล	308
11	148	อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกของลูกที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวไทยพันธุ์ปทุมธานี 1 กับข้าวอินเดียพันธุ์ Basmati 370 และข้าวพม่าพันธุ์ Paw hsan hmwe ชนทริญา เหมือนแก้ว, สายสมร หงษ์ยนต์, ธาณี ศรีวงศ์ชัย, วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร	317
12	251	ผลของการใช้อัตราประชากรสูงต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพด 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในพื้นที่ อาศัยน้ำฝน จังหวัดเพชรบูรณ์ พรรณญาฎา ฉายศรีสุริยศ, สกล ฉายศรี, กิ่งกานท์ พานิชนอก	325
13	189	องค์ประกอบเคมีของกระเจี๊ยบสายพันธุ์กินใบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยม จากใบกระเจี๊ยบ ศิริพรรณ สุขขัง, สมนึก พรหมแดง, อุทัยวรรณ ดั่งเงิน	334
14	204	ปริมาณธาตุอาหารของมะขามหวานพันธุ์สีทองในจังหวัดเพชรบูรณ์ สายน้ำ อุดพั่ว, ชัชชนพร เกื้อหนู่น, สมฤทัย ต้นเจริญ, สโรชา ถึงสุข, วนิดา โนนรรเทา, นุชนาฏ ต้นวรรณ, ภิญญาลักษณ์ รัตนวิระกุล	343
15	96	การประเมินลักษณะทางพันธุกรรมของผักหนาม: <i>Lasia Spinosa</i> โดยใช้เทคนิคอาร์เอพีดี สุพิชญา ตรีบุญเมือง, ราตรี จินตนา, ไศภิตา สุทธิไกร, กิตติยา ศรีศักดิ์วัฒน์, วรรณวิภา สุทธิไกร	351

สาขาสัตว์ (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	54	ความหลากหลายของแมลงน้ำในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร อิทธิพัทธ์ บุญสิริโชคชัย, เอกวัฒน์ วิถีประดิษฐ์, อัญชนา ท่านเจริญ, ประกาย ราชณูวงศ์, รัชฎาวรรณ เงินกลิ่น	361

สาขาสัตวแพทยศาสตร์ (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	29	Screening for hybridomas-derived monoclonal antibodies specific to foot-and-mouth disease virus <u>Wantanee Tommeurd, Sukontip Poonsuk, Kanyarat Thueng-in, Nattarat Thangthamniyom, Pongsri Tongtawe, Porn Tippa Lekcharoensuk</u>	371
2	247	การตรวจหาไข่ปรสิตในระบบทางเดินอาหารให้แก่สุนัขและแมวภายใต้โครงการบริการสังคม ปี 2560 <u>วิษณุวัฒน์ ฉิมน้อย, อลิสรดา ดีลานุพัฒน์, นงนุช ภิญโญภาณุวัฒน์, ชัญญา เก่งระดมกิจ, ณัฐสุดา กลิ่นแก้ว, จ่านงจิต ผาสุข, บุรินทร์ นิมสุพรรณ, คัมภีร์ พัฒนะธัญ, เทวรินทร์ อินปั้นแก้ว, เกษริน ขำยิ่งเกิด</u>	379

สาขาประมง (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	72	ดัชนีความสมบูรณ์เพศ องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะของปลาข้างพระร่วง <i>Kryptopterus vitreolus</i> Ng and Kottetelat, 2013 และคุณภาพน้ำในคลองท่าควาย อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง <u>สุภาว ศิริรัฐนิคม, อานูช ศิริรัฐนิคม, วิทยา จายพันธ์</u>	388
2	180	ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี <u>อลงกต อินทรชาติ, กนกวรรณ ขาวด่อน, ธนัสพงษ์ โภควนิช, กิจสารธ อันเงินทยากร</u>	396
3	232	การศึกษาการเลี้ยงปลิงทะเลขาว (<i>Holothuria scabra</i>) ในแหล่งเลี้ยงตามแนววิถีชุมชนในพื้นที่บ้านเกาะปู ตำบลเกาะศรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ <u>ปิยะวัฒน์ พรหมรักษา, กนกวรรณ ขาวด่อน, สาโรจน์ เริ่มดำรง, กิตติพิศ คุ่มรักษา, นัทธพงศ์ ชุมเชื้อ</u>	405

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	266	ความกังวลด้านสุขภาพของการบริโภคนมข้นหวาน <u>ปิยะพร ผุยไผ่ เสาวติธาดา, ศิริพร เรียบร้อย คิม, ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร, อติกร ปัญญา</u>	414
2	147	ปัญหาและความต้องการในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของเกษตรกรในเขตพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีที่เข้าร่วมโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง <u>ศิริลักษณ์ ชูพุทธพงศ์, วนาลัย วิริยะสุธี, ศิริพร ดอนเหนือ, ธำรงเจต พัฒมุข</u>	423

สาขาพืช

(Subject: Plants)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

Predicting species distribution using MaxEnt – A case of the simple thalloid liverwort genus *Aneura* Dumort. in Thailand

Nopparat Anantaprayoon^a, Ekaphan Kraichak^{a,b,*}

^aDepartment of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bBiodiversity Center Kasetsart University (BDCKU), Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: ekaphan.k@ku.th

Abstract

The Aneuraceae is the largest family of the simple thalloid liverworts. Member of Aneuraceae is well-known for its unique ecological habitat, cryptic diversity, and species-rich lineages. Many of its members, such as the genus *Aneura*, have cosmopolitan distributions. However, the environmental factors associated with such distributions are poorly studied. In this study, we used the maximum entropy (MaxEnt) species distribution modeling (SDM) to predict potential locations and relevant ecological factors of *Aneura* in an area of Thailand. The results showed that the important variables were the maximum temperature of warmest month, annual precipitation, and precipitation of the warmest quarter. Thus, the possible locations for future exploration would be the north-to-southwestern and peninsular regions of Thailand, together with some major mountain ranges. The MaxEnt SDM performed equally well with only the three most important variables. Our results demonstrated the possibility of using SDMs in further explorations of the bryophyte diversity in Thailand.

Keywords: Bryophytes, Cryptic species, Liverworts, MaxEnt, Species distribution modelling

Introduction

Among the simple thalloid liverworts, the Aneuraceae is the most species-rich number within this group (Furuki, 1991; Preußing et al., 2010). This family comprises over 360 taxa from 5 genera. Members of Aneuraceae are often challenging to work with for several reasons. First, only a small number of morphological traits are available to examine due to their simple life form. Second, one of the taxonomically essential characters is oil bodies. These structures disappear rapidly in a few days or weeks and cannot be used for identifying specimens from the herbarium (Bakalin, 2018). Therefore, a complete taxonomic work will require the examination of fresh specimens in the field.

The genus *Aneura* Dumort. is among the most difficult to study taxonomically and ecologically. So far, a total of 49 species have been reported worldwide, many of which have cosmopolitan distributions. Two species have been reported in Thailand, including *A. pinguis* (L.) Dumort. (Lai et al., 2008) and *A. maxima* (Schiffn.) Steph. (Frahm et al., 2009). The *A. pinguis*, also known as the “Greasewort”, has been recognized for its complication with species delimitation and cryptic speciation (Wachowiak et al., 2007; Polok and Zielinski, 2008; Preußing et al., 2010; Baczkiewicz et al., 2017). A lack of specimens and ecological data has made it challenging to clarify the taxonomic status of this genus.

Species distribution models (SDMs) have been widely used for predicting potential habitats for a taxon. They have become a tool for identifying potential conservation sites, informing sustainable forest management, and studying more profound questions in biogeography, ecology, and biodiversity (Cayuela et al., 2009; Guisan et al., 2013; Srivastava et al., 2019). These models are implemented only with observational data and environmental or physical factors. Biologists have increasingly applied these approaches to their study organisms to lower the time and effort in finding and collecting specimens (Newbold, 2010; Mi et al., 2017) and further their understanding of their organisms' ecology.

In this study, we focused on species distribution modeling with the maximum entropy (MaxEnt) algorithm for the liverwort genus *Aneura*, based on collected specimens or occurrences that are available in major bryophyte herbaria of Thailand. Specifically, we aimed (1) to identify potential distributions of *Aneura* in Thailand for future exploration and (2) to determine the important climatic variables associated with the distribution of *Aneura*. The results from this study will help us identify the potential areas for future research and deepen our understanding of the ecology of the poorly known genus for conservation purposes in the future.

Materials and Methods

Data collection

We searched for the plant specimens and records of *Aneura* from all major herbaria in Thailand with databases of bryophyte collection. Identification has been made but verified by the curators and bryologists from each herbarium (CMUB, PSU, Department of Biology of Burapha University). Additional specimens were

collected from our own field trips across the country. A total of 43 liverwort records were compiled and georeferenced to yield the coordinates (latitude and longitude) for each specimen.

Species distribution model analysis

All the analyses were conducted with the R environment 4.2.1 (R Core Team, 2022). We used commands from package 'raster' (Hijmans et al., 2015) to obtain bioclimatic variables (Table 1) from the WorldClim Database (Fick and Hijmans, 2017). The climate dataset was cropped to the extent of the political boundary of Thailand. Occurrence data were randomly partitioned into training and testing sets at 70 and 30 percent, respectively. To apply the MaxEnt model to our occurrence dataset, we used the 'maxent' command from the package 'dismo' (Hijmans et al., 2017) with the pseudo-absence from 1,000 random points within the map extent. We calculated the threshold-independent area under the curve (AUC) with the receiver operating characteristic (ROC) plot as a criterion for the model performance. The AUC of 0.7 or greater is considered a reasonably good model (Warren and Seifert, 2011).

To determine the importance of each climatic variable, we used the Jackknife test to determine if regularized training gain changed in the absence of a particular variable and the presence of only that variable in the model (Wildt et al., 1982). We also repeated modeling with only the three most important variables (the reduced model). We computed the AUC values to see whether a smaller set of climatic variables could perform sufficiently well compared to the full model.

Finally, we plotted variable response curves and predicted occurrences maps from the full and the reduced models to examine the differences in resulting predictions and important environmental variables for distributions of *Aneura* in Thailand.

Table 1 Environmental variables in this study, percentage contribution and permutation importance through the MaxEnt model for predicting species occurrence

Codes	Variables ^a	Percent contribution	Permutation importance
bio1	Annual Mean Temperature	0	0
bio2	Mean Diurnal Range	0	0
bio3	Isothermality	0	0.1
bio4	Temperature Seasonality	0	0
bio5	Max Temperature of Warmest Month	3	7.1
bio6	Min Temperature of Coldest Month	0	0
bio7	Temperature Annual Range	0.6	3.3
bio8	Mean Temperature of Wettest Quarter	76.3	16.7
bio9	Mean Temperature of Driest Quarter	0	0

bio10	Mean Temperature of Warmest Quarter	0.6	0
bio11	Mean Temperature of Coldest Quarter	0.4	0.4
bio12	Annual Precipitation	2.1	39.7
bio13	Precipitation of Wettest Month	0	0.2
bio14	Precipitation of Driest Month	1.4	1.9
bio15	Precipitation Seasonality	0.7	0
bio16	Precipitation of Wettest Quarter	7	0
bio17	Precipitation of Driest Quarter	1.6	13.6
bio18	Precipitation of Warmest Quarter	1.6	14
bio19	Precipitation of Coldest Quarter	4.7	3.1

^a<https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>

Results and Discussion

Model performance and variable importance

The full MaxEnt model with all 19 climatic variables yielded the AUC value of 0.903. The variables bio5, 7, 8, 12, 17 and 18 contributed the most to the prediction of the *Aneura* distribution (Table 1). However, the permutation tests showed that only three variables contributed substantially to the model, including bio5, 12, and 18, which were maximum temperature of warmest month, annual precipitation, and precipitation of warmest quarter, respectively (Fig. 1 and Fig. 2). The results suggested strong autocorrelations among the 19 climatic variables and the possibility of a better-performing model with fewer variables.

We performed the analysis on the reduced model with only bio5, 12, and 18. The AUC value of the reduced model was 0.904, similar to that of the full model. The resulting predicted distributions of the two models were almost identical (Fig. 3). The results suggested that these three variables were sufficient in creating a distribution model of *Aneura* in Thailand and potentially important ecological variables for this genus. This combination of climate variables was also the top three most contributing variables from a MaxEnt modeling study in *Hypopterygium tamarisci*, a pleurocarpous moss species in Central and South America (Kruijer et al., 2010). Many bryophyte groups likely share a similar set of climate requirements at this data resolution.

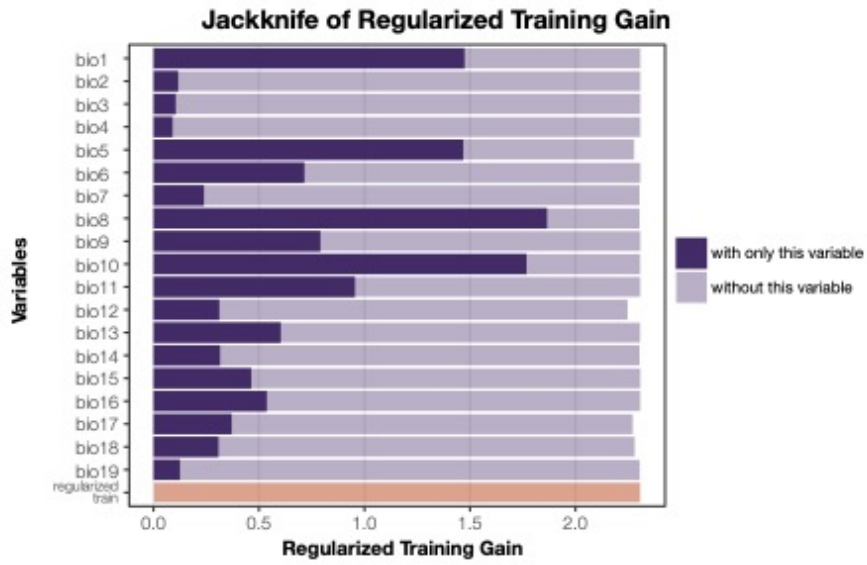


Fig. 1 Jackknife test of regularized training gain shown effect of presence and absence each parameter in this MaxEnt modeling. The performance of the full model with all variables is displayed as the orange bar.

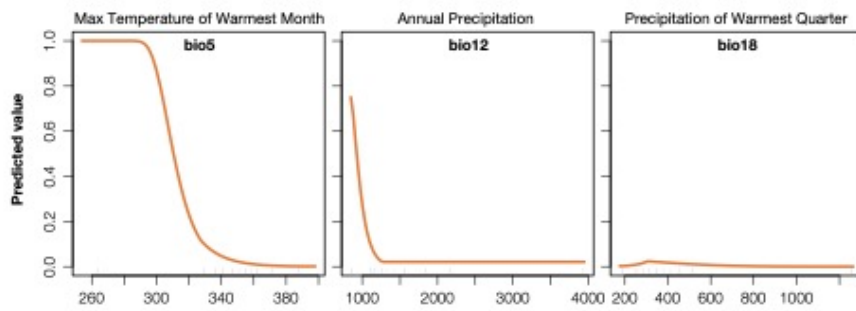


Fig. 2 The response curves of the three most influential variables from the permutation and Jackknife tests

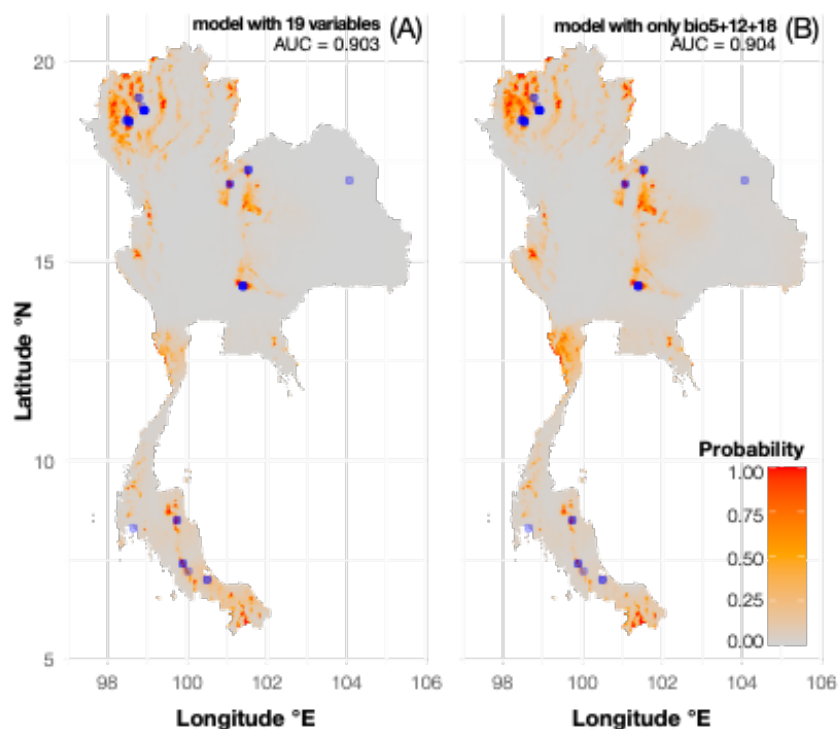


Fig. 3 Predicted species distribution of the genus *Aneura* in Thailand: (A) with 19 bioclim variables; and (B) with only the three most influential variables (bio5, 12, and 18) along with their respective area under curves (AUCs)

Response curves and Predicted occurrences

The response curve for the maximum temperature in the warmest month (bio5) showed a rapid decrease in predicted value when the temperature exceeded 30 °C. The response curves of precipitation variables (bio12 and 18) predicted a higher probability when annual precipitation was lower than 1,200 mm, and the precipitation of the warmest quarter was between about 200–400 mm (Fig. 2). The response to the temperature was consistent with our personal observation, as we often found *Aneura* in colder areas. The precipitation responses were atypical for most bryophytes which generally require more rainfall. However, our specimen collection showed that these specimens were often found in moist areas but not necessarily the areas with heavy rainfall. Additional factors, such as relative humidity (RH) and Vapor Pressure Deficit (VPD), could be more relevant variables for future species distribution modeling studies of bryophytes.

The predicted distribution in both models showed potential occurrences in the North-and Southwestern, spanning from Tak, Kanchanaburi, Phetchaburi, Prachuap Khiri Khan to Peninsular Thailand, and mostly mountain ranges like Phetchabun, middle Tenasserim, and San Kala Khiri (Fig. 3). In our datasets, no specimens have been collected from the Western mountains and Phetchaburi areas before. These areas should be a priority for the next expedition for this genus in Thailand.

Although, *Aneura* has been described as cosmopolitan, the global records are surprisingly lacking even in the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) database, which did not contain a single record of this genus in Thailand. Missing data points result from taxonomical and geographical biases in database

participation, which can dramatically affect the model's accuracy. When the observation is spatially clustering or filtering, the prediction seems to be overfitting (Promnikorn et al., 2019). Fortunately, we were able to obtain the occurrence data from the local herbaria across the country and less likely to be affected by the geographical clustering of the occurrence data.

The accuracy of the SDM is highly dependent on the environmental variables, ecological niche, and reproductive biology of the study organisms (Kruijer et al., 2010). Most SDM methods focus on the presence or absence of the organisms in conjunction with environmental factors at a broader scale. Abundances, colony size, the existence of host species, and the microclimatic conditions cannot be directly incorporated into the current modeling techniques. While a model might appear incomplete, the broad-scale prediction from the SDM techniques can help us narrow down the study areas and reduce the collecting efforts for many taxa that quickly disappear from land use global climate changes.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

We would like to thank with gratefulness to the following colleagues for their supports with the specimens: Sahut Chantanaorrapint and Jiroat Sangrattanaprasert from Department of Biology, Prince of Songkla University, Phiangphak Sukkharak from Department of Biology, Burapha University, and Narin Printarakul from Department of Biology, Chiang Mai University. Nopparat Anantaprayoon's graduate program was supported by the Graduate Program Scholarship from the Graduate School, Kasetsart University. This project was financially supported by the Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research, and Innovation, and the Thailand Science Research and Innovation through the 2021 Kasetsart University Reinventing University Program, Thailand, and by National Research Council of Thailand (NRCT), 2022 annual funding under Thailand Science Research and Innovation (TSRI).

References

- Baczkiewicz, A., Szczecinska, M., Sawicki, J., Stebel, A., Buczkowska K., 2017. DNA barcoding, ecology and geography of the cryptic species of *Aneura pinguis* and their relationships with *Aneura maxima* and *Aneura mirabilis* (Metzgeriales, Marchantiophyta). PLoS One 12: e0188837. doi.org/10.1371/journal.pone.0188837
- Bakalin, V.A. 2018. The review of Aneuraceae in the Russian Far East. BP. 7: 3–21. doi.org/10.17581/bp.2018.07205
- Cayuela, L., Golicher, D.J., Newton, A.C., Kolb, M., De Albuquerque, F.S., Arets, E.J., Alkemade, J.R., Pérez, A.M. 2009. Species distribution modeling in the tropics: problems, potentialities, and the role of biological data for effective species conservation. TCS. 2: 319–352. doi.org/10.1177/194008290900200304

- Fick, S.E., Hijmans, R.J. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302–4315. doi.org/10.1002/joc.5086
- Frahm, J.P., Pollawatn, R., Chantanaorrapint, S. 2009. New records to the bryoflora of Thailand. *Tropical Bryology* 30: 17–18. doi.org/10.13140/2.1.3640.4488
- Furuki, T. 1991. A taxonomical revision of the Aneuraceae (Hepaticae) of Japan. *J. Hattori Bot. Lab.* 70: 293–397. doi.org/10.18968/jhbl.70.0_293
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J.B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P.R., Tulloch, A.I., Regan, T.J., Brotons, L., McDonald-Madden, E., Mantyka-Pringle, C., Martin, T.G. 2013. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters* 16: 1424–1435. doi.org/10.1111/ele.12189
- Hijmans, R.J., Phillips, S., Leathwick, J., Elith, J., Hijmans, M.R.J. 2017. Package 'dismo'. *Circles* 9: 1–68. CRAN
- Hijmans, R.J., Van Etten, J., Cheng, J., Mattiuzzi, M., Sumner, M., Greenberg, J.A., Lamigueiro, O.P., Bevan, A., Racine, E.B., Shortridge, A., Hijmans, M.R.J. 2015. Package 'raster'. R package 734. CRAN
- Kruijer, H., Raes, N., Stech, M. 2010. Modelling the distribution of the moss species *Hypopterygium tamarisci* (Hypopterygiaceae, Bryophyta) in Central and South America. *Nova Hedwigia* 91: 399. doi.org/10.1127/0029-5035/2010/0091-0399
- Lai, M.J., Zhu, R.L., Chantanaorrapint, S. 2008. Liverworts and hornworts of Thailand: an updated checklist and bryofloristic accounts. *Ann. Bot. Fenn.* 45: 321–341. doi.org/10.5735/085.045.0501
- Mi, C., Huettmann, F., Guo, Y., Han, X., Wen, L. 2017. Why choose Random Forest to predict rare species distribution with few samples in large undersampled areas? Three Asian crane species models provide supporting evidence. *PeerJ* 5: e2849. doi.org/10.7717/peerj.2849
- Newbold, T. 2010. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *PPG.* 34: 3–22. doi.org/10.1177/0309133309355630
- Polok, K., Zielinski, R. 2008. Application of different DNA markers in studies on cryptic species of *Aneura pinguis* (Jungermannioptida, Metzgeriales). *Cryptogamie, Bryologie* 29: 3–21.
- Preußing, M., Olsson, S., Schäfer-Verwimp, A., Wickett, N.J., Wicke, S., Quandt, D., Nebel, M. 2010. New insights in the evolution of the liverwort family Aneuraceae (Metzgeriales, Marchantiophyta), with emphasis on the genus *Lobatiriccardia*. *Taxon* 59: 1424–1440.
- Promnikorn, K., Jutamane, K., Kraichak, E. 2019. MaxEnt model for predicting potential distribution of *Vitex glabrata* R. Br. in Thailand. *Agr. Nat. Resour.* 53: 44–48.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>, 30 August 2022.
- Srivastava, V., Lafond, V., Griess, V.C. 2019. Species distribution models (SDM): applications, benefits and challenges in invasive species management. *CABI Reviews.* 1–13. doi.org/10.1079/PAVSNNR201914020

Wachowiak, W., Baczkiewicz, A., Chudzinska, E., Buczkowska, K. 2007. Cryptic speciation in liverworts—a case study in the *Aneura pinguis* complex. Bot. J. Linn. Soc. 155: 273–282. doi.org/10.1111/j.1095-8339.2007.00692.x

Warren, D.L., Seifert, S.N. 2011. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. Ecological Applications 21: 335–342. doi.org/10.1890/10-1171.1

Wildt, A.R., Lambert, Z.V., Durand, R.M. 1982. Applying the jackknife statistic in testing and interpreting canonical weights, loadings, and cross-loadings. JMR. 19: 99–107. doi.org/10.1177/002224378201900109

Statistical classification of major landraces in Thai *Dioscorea alata* with aboveground morphological data

Napat Jantaraprasit, Ekaphan Kraichak*

Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fsciepk@ku.ac.th

Abstract

Dioscorea alata L., greater yam, is a climber crop, producing edible tubers and bulbils. *D. alata* has many landraces worldwide from artificial selection. Accurate identification of different *D. alata* landraces from the aboveground part is challenging due to their twinning habit, polyploidy, and high morphological variation. To distinguish major landraces of *Dioscorea alata* in Thailand, we measured various aboveground morphological characters of nine major landraces and performed Principal Component Analysis (PCA) and K-means clustering analysis on the measured characters. In PCA, the first principal component explained only 35.1% of the total variance and exhibited ambiguous groupings for the four landraces. In addition, the K-means analysis showed overlapping clusters among the identified groups, which did not correspond to any of the known landraces. The results showed that the selected morphological characters could not discriminate Thai *D. alata*'s landraces. This study exemplified the need for additional methods to identify the diversity among these landraces, which will likely become important Thai food crops.

Keywords: K-means, PCA, Phenetics, Yam

Introduction

Dioscorea alata L., greater yam, is a climber crop, producing nontoxic edible tuber and bulbil. This species is one of the most common yams cultivated in Thailand and Southeast Asia (Wilkin et al., 2009; Sugihara et al., 2021). Through thousand years of artificial selection, *D. alata* has many local landraces worldwide, based on different tuber colors, sizes, and shapes (Chair et al., 2016; Sharif et al. 2020). In the East and Northeast of Thailand, many landraces are cultivated as a cash crops and consumed in traditional cuisines. In contrast, the other landraces, such as Man Sao with characteristically columnar tuber, are only found in the wild. It is still unclear whether these diverse landraces originated in Thailand or were imported long ago and then became naturalized as a feral crop (Wilkin et al., 2009; Sharif et al., 2020; Sugihara et al., 2021; Wu et al., 2021). In Thailand, at least three cultivars are formally recognized only by their tuber shapes (Wilkin et al., 2009), even though the locals have named many more landraces for *D. alata*.

Accurate identification of different *D. alata* landraces has been challenging due to their twinning habit, polyploidy, continuous morphological variation, and small dioecious flower. Although landraces are mainly identified by their tuber characters, their accurate and consistent identification is difficult. Many tuber characters overlap (Hasan et al., 2008; Jyothy et al, 2017; Abeywickrama et al., 2018; Sheikh et al., 2019), but these landraces differ in their growing conditions, tuber yields and tuber tastes. Our inability to correctly identify these landraces will affect consumers' confidence and result in agricultural investment failure. To overcome this problem, researchers used multivariate analysis to classify each species and landraces into proper groups. The correct classification will allow us to cultivate, conserve genetic, and perform selective breeding with high precision in the future (Hasan et al., 2008; Wilkin et al., 2009; Jyothy et al, 2017; Abeywickrama et al., 2018).

In this work, we focused on the aboveground morphological characters, namely stems and leaves, for the statistical classification of the local landraces of *D. alata* in Thailand. These characters are easy to measure in the field at the early stages of cultivation and to compare with the reference specimens in the herbarium. We measured 14 aboveground morphological characters of nine major landraces. The data were subjected to multivariate analyses (principal component analysis, PERMANOVA, and k-means clustering) to determine whether these aboveground characters could classify the known landraces. The results would provide additional tools for future researchers interested in working with multiple landraces within *D. alata*.

Materials and Methods

Samples collection and species identification

During 2020–2021, we collected samples of the local landraces of *Dioscorea alata* from four locations in Eastern Thailand, where many species of *Dioscorea* served as forage foods and cultivated species. The locations included 1) Ban Tha Liap, Sanam Chai Khet District, Chachoengsao Province, 2) Local Eastern Agroforestry Community Enterprise (Herb Home and Forest), Sanam Chai Khet District, Chachoengsao

Province, 3) Local agroforestry area in Ban Klum Suai, Kaeng Hang Maeo District, Chanthaburi Province, and Aran Piyawong forest park, Kaeng Hang Maeo District, Chanthaburi Province. Fig. 1

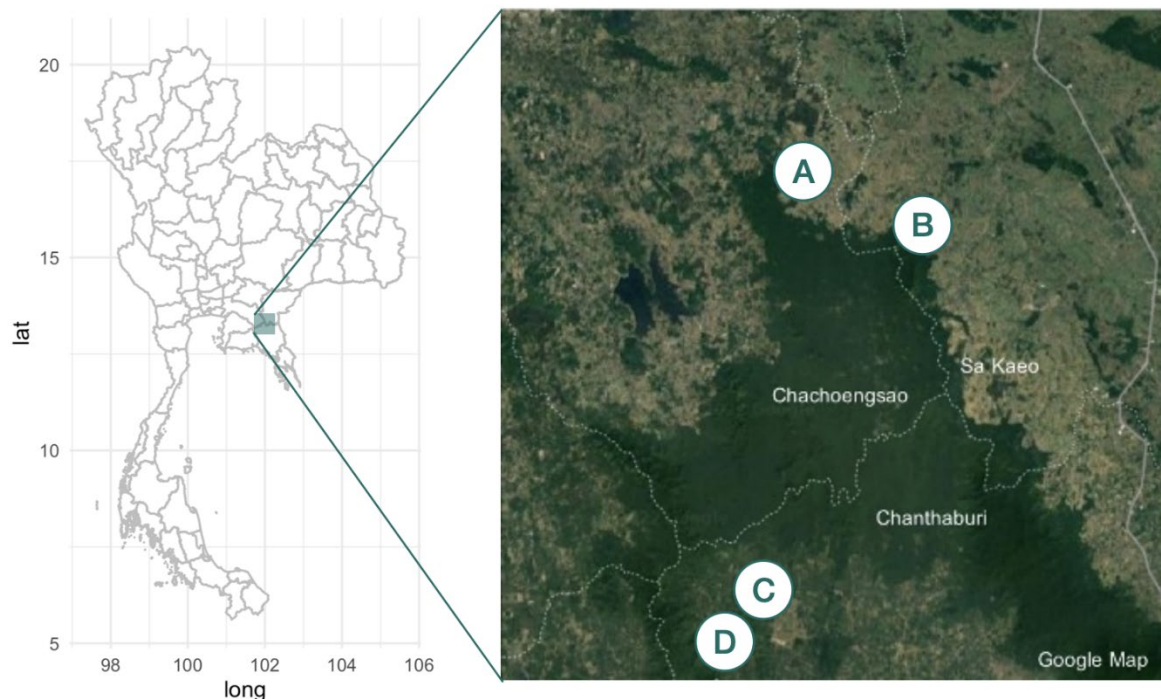


Fig. 1 The location of collecting sites of *D. alata* landraces in Eastern Thailand: (A) Ban Tha Liap; (B) Herb Home and Forest; (C) Ban Klum Suai; and (D) Aran Piyawong Forest Park

For each plant, we collected mature leaves and twining stems using pruning shears and pressed them with plant presses. The samples were dried in a herbarium drying cabinet. After completely dried, a total of 29 samples were preserved as voucher specimens at the Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University. We identified landraces according to the vernacular name used by the locals in the collecting area. The identity at the species level (as *D. alata*) was verified with the description in the Flora of Thailand Volume 10 Part 1 (Wilkin et al, 2009) and the comparisons with voucher specimens in Bangkok Herbarium Forests (BKF) and digital images of the specimens through POWO (2022).

Multivariate morphological characters analysis

For each dried sample, we measured a total of 14 leaf and stem characters that could also be easily observable and reliably measured during field identification (Table 1). The majority of the characters were on petiole or lamina. We used the maximum value of each character to represent each sample because it was supposedly closest to the size at maturity. The landraces with at least three replicates were included in the subsequent multivariate classification.

We performed two types of multivariate analysis to classify the collected landrace statistically. First, we subjected the data to the Principal Component Analysis (PCA) using the "prcomp" function. The first two

principal components were plotted and annotated with the known names of landraces to see if they were separable. The permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) was performed using the "adonis2" function in the vegan package (Oksanen et al, 2020) to test whether the landraces were significantly different from each other. The other approach involves the classification without a priori information about the landrace through k-means clustering. This method clusters the samples into groups to reduce the distance to the group's centroid. We set the number of groups (k) to four, the same number as the known landrace, to see if the unsupervised procedure could independently classify the landraces. The analysis and visualization were performed in R version 4.1.1 (R Core Team, 2022).

Results and Discussion

From a total of 29 samples, we were able to identify 9 landraces of *Dioscorea alata* (Table 1) Fig. 2, including 1) Lueat (มันเลียด), 2) Lueat Chom-poo (มันเลียดชมพู), 3) Lueat Nok (มันเลียดนก), 4) Tapab (มันตะพาบ), 5) Talab (มันตลับ), 6) Chao Maphrao (มันจาวมะพร้าว), 7) Chao Maphrao Daeng (มันจาวมะพร้าวแดง), 8) Sao (มันเส้า), and 9) Sak (มันสาก). Based on our fieldwork in Eastern of Thailand, we found that Chao Maphrao and Chao Maphrao Daeng were two main landraces cultivated as cash crops. Additional eight landraces were cultivated as homegrown vegetable supplies and forage crops. However, more landraces of *D. alata* are expected to be found in other regions of Thailand (Wilkin et al., 2009). Additional detailed taxonomic studies will be required to gain a complete list of landraces in the country.

Lueat, Lueat Chom-poo, and Lueat Nok were broadly similar and therefore were recognized as one group, "Lueat," for the subsequent analyses. The four landraces with at least three samples, including Lueat, Talab, Chao Maphrao, and Chao Maphrao Daeng, were included in the multivariate analysis.

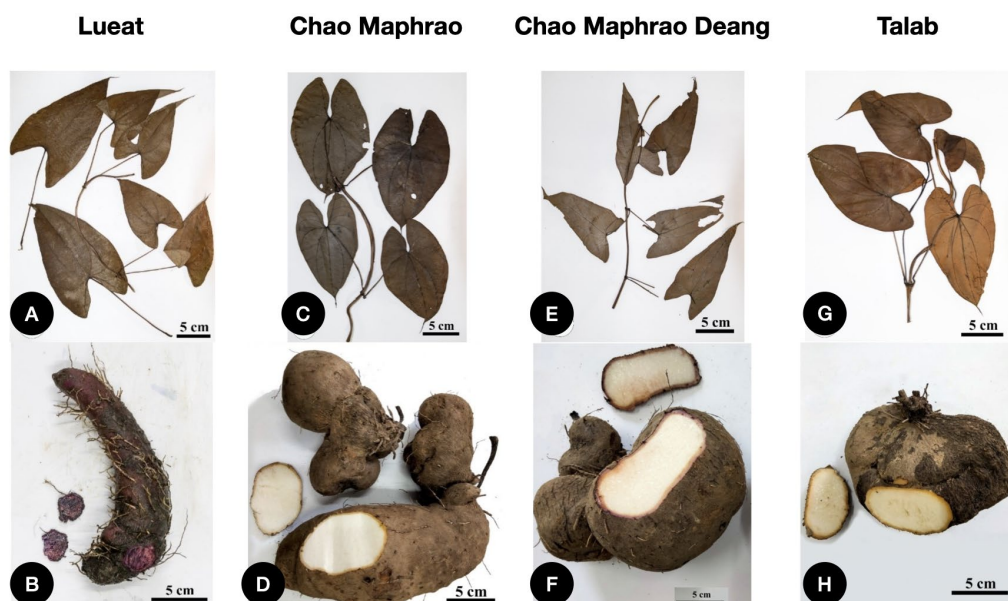


Fig. 2 Examples of *Dioscorea alata* landraces. The top panels are the dried herbarium specimens, and the bottom panels are the tubers. (A), (B) Lueat, (C), (D) Chao Maphrao, (E), (F) Chao Maphrao Daeng, and (G), (H) Talab

Table 1 Aboveground morphological characters of *Dioscorea alata*'s landraces collected in this study. When the replicates are available, the numbers are displayed as mean \pm 1 standard deviation (SD)

Landrace	Lueat								
	Lueat* (มันเลือด)	Chom- poo* (มันเลือด ชมพู)	Lueat Nok* (มันเลือดนก)	Tapab (มัน ตะพาน)	Talab (มันดัลป์)	Chao Maphrao (มัน จาวมะพร้าว)	Chao Maphrao Daeng (มันจาวมะพร้าว แดง)	Sao (มันเสา)	Sak (มันสาก)
Number of Samples	1	1	2	1	3	3	3	2	2
Stem width (cm)	3.2	3	3 \pm 0.7	2.8	4.5 \pm 0.3	3.4 \pm 1.7	2.8 \pm 0.4	2.4 \pm 0.5	2.8 \pm 0.01
Internode length (cm)	16.5	14	13.5 \pm 3.5	12.5	13.2 \pm 1.8	18.8 \pm 2.5	12.5 \pm 0.7	14.2 \pm 8.1	13.2 \pm 1.1
Node width (cm)	6.2	8.5	4.6 \pm 0.6	4.8	8.7 \pm 0.3	5.3 \pm 0.8	4.4 \pm 0.4	4.4 \pm 0.9	4.8 \pm 1
Petiole length (cm)	16	11.5	10.5 \pm 2.8	12.5	10.2 \pm 1.8	10.5 \pm 1.4	7 \pm 0.71	9.8 \pm 1.8	10.4 \pm 0.9
Petiole width (cm)	1.5	1.9	1.2 \pm 0.10	1.3	1.4 \pm 0.2	1.6 \pm 0.2	1.2 \pm 0.1	0.9 \pm 0.1	1.2 \pm 0.1
Leaf length (cm)	16.5	15.5	11.8 \pm 1.1	12.5	13.8 \pm 2.6	13.7 \pm 1.3	15.8 \pm 0.4	13.3 \pm 5.2	9.5 \pm 5.4
Leaf width (cm)	11.5	9.5	7.4 \pm 1.3	12	11 \pm 1.2	10 \pm 1.4	7.6 \pm 0.1	9.4 \pm 4.7	10.5 \pm 0.7
Lobe length (cm)	6.4	5.5	3.9 \pm 0.6	4.4	4.8 \pm 0.4	5 \pm 0.8	4.2 \pm 0.4	4.9 \pm 2.7	5
Lobe gap width (cm)	7.3	8.5	4.6 \pm 1.2	7	5.5 \pm 3.5	3.2 \pm 0.5	6.6 \pm 0.2	8.4 \pm 3.3	6.6 \pm 1.3
Leaf caudate depth (cm)	1.5	1.2	0.8 \pm 0.3	0.7	1.4 \pm 0.4	1.2 \pm 0.3	1.2 \pm 0.1	0.8 \pm 0.2	0.9 \pm 0.4
Number of veins	7	7	7	7	7, 9	7	7	7	7
Number of veins reach the apex	5	5	3	5	5	5	3	3, 5	3, 5
Three middle vein distance (cm)	4.8	4.5	3.8 \pm 0.6	5	4 \pm 0.2	4 \pm 0.6	3.6 \pm 0.4	3.6 \pm 2	4.6 \pm 0.1
Scalar veinlet distance (cm)	0.8	0.7	0.7 \pm 0.2	0.8	0.6 \pm 0.1	0.6 \pm 0.1	0.6 \pm 0.1	0.6 \pm 0.4	0.6 \pm 0.1

*These three landraces were grouped as "Lueat" for the multivariate analysis.

Multivariate morphological characters analysis

The PCA result showed that most of the studied landraces were not readily separated Fig. 3. The first principal component (PC1) explained about 35.1% of which was higher than the PCA using only tuber morphological characters in the other study at 19.5% (Hasan et al., 2008). Chao Maphrao Daeng landrace appeared to separate clearly from the other landraces. At the same time, the samples from Chao Maphrao and Lueat distributed widely in the morphospace, suggesting that these two landraces were highly variable. The PERMANOVA showed that these landraces were significantly different from each other ($F_{3,10} = 1.12$, $P = 0.011$). The result was consistent with the visualization of the first two PCs. The significant difference among the landrace was likely due to the separation of Chao Maphrao Daeng from the other landraces.

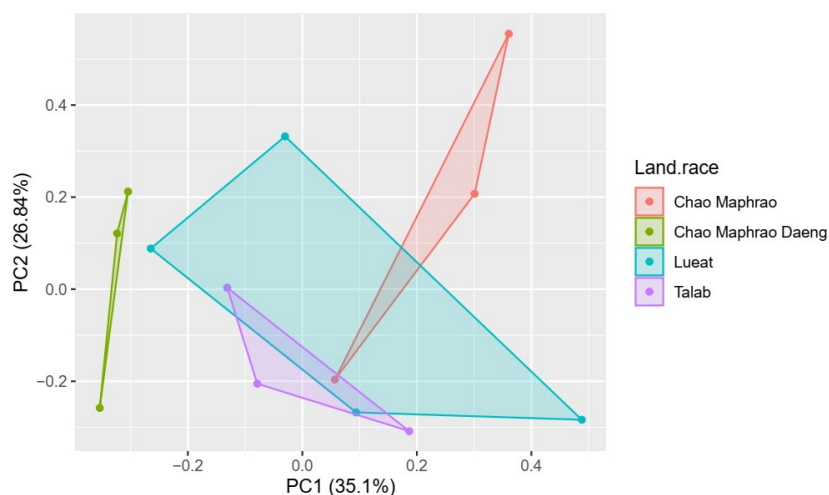


Fig. 3 The first two principal components from the PCA of the aboveground morphological characters with the known landraces annotated onto the results. The four landraces differed significantly from each other (PERMANOVA, $p = 0.011$). Chao Maphrao Daeng landrace is separate from the other, while the other landraces overlap in the morphospace

K-means results showed that none of the landraces was clustered in its group Fig. 4A. The first cluster comprised the samples of Lueat, Chao Maphrao, and Talab. The second cluster only comprised the samples of Talab. The third cluster comprised the samples of Lueat and Chao Maphrao Daeng. Lastly, the fourth cluster comprised the samples of Lueat and Chao Maphrao Fig. 4B. Interestingly, all of the samples from Talab and Chao Maphrao Daeng belonged to their respective cluster, while Lueat and Chao Maphrao were more variable than the others. The current classifications of Lueat and Chao Maphrao landraces may still be quite broad, encompassing a high degree of morphological variation. Alternatively, these landraces may be experiencing hybridization among themselves and therefore are yet to form genetically and morphologically unique groups within the species.

While the statistical classification of aboveground characters could distinguish some landraces from others, it was clear that using aboveground morphological characters could not fully discriminate a large number of landraces of *Dioscorea alata*. Along with the increased sample size, the combination of underground characters, stems, and other qualitative characters may better classify the local landraces of *D. alata*. Additional molecular data could be generated to improve the classification. Our preliminary work on single-locus markers showed relatively poor results due to low DNA quality. Polyploidy was also reported in *D. alata*, with the number of ploidy levels being diploid, triploid, and tetraploid. However, no clear correlation between ploidy level and reproductive status or morphological character has been found (Egesi et al., 2002; Obidiegwu et al., 2010; Arnau et al., 2009). Future work on molecular markers using genome-wide SNPs information should also be conducted to increase the accuracy of the classification and identification of these important native crop plants. This study exemplified the need for additional methods to identify the diversity among these landraces, which will likely become important Thai food crops.

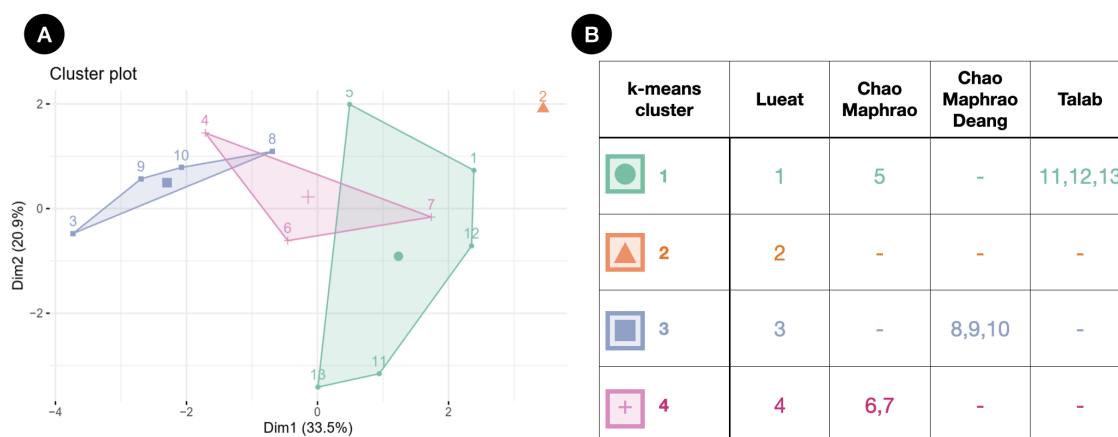


Fig. 4 (A) K-means clustering results superimposed onto the ordinated space. The numbers represent the sample number. (B) The four clusters from the K-means clustering did not match with the known landraces. The numbers in the tables correspond to the same sample number in (A)

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgments

We thank Mrs. Sarinya Kumpila and her family for providing *Dioscorea* samples. This study was funded by The National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Thailand (P-19-52237), and the Development and Promotion of Science and Technology scholarship.

References

- Abeywickrama, K.G.T.A.K., Samarasinghe, W.L.G., Sumanasinghe, V.A., Edirisinghe, E.S.C. 2018. Analysis of diversity and determination of duplicates among twenty one *Dioscorea* accessions through morphological and molecular characterization. SLJFA. 4: 43–48. doi.org/10.4038/sljfa.v4i1.57.
- Arnau, G., Nemorin, A., Maledon, E., Abraham, K. 2009. Revision of ploidy status of *Dioscorea alata* L. (Dioscoreaceae) by cytogenetic and microsatellite segregation analysis. Theor. Appl. Genet. 18: 1239–1249. doi: 10.1007/s00122-009-0977-6
- Chair, H., Sardos, J., Supply, A., Mournet, P., Malapa, R., Lebot, V. 2016. Plastid phylogenetics of Oceania yams (*Dioscorea* spp., Dioscoreaceae) reveals natural interspecific hybridization of the greater yam (*D. alata*). Bot. J. Linn. Soc. 180: 319–333. doi.org/10.1111/boj.12374.
- Egesi, C.N., Pillay, M., Asiedu, R., Egunjobi, J.K. 2002. Ploidy analysis in water yam, *Dioscorea alata* L. germplasm. Euphytica 128: 225–230. doi.org/10.1023/A:1020868218902
- Zain, H.S.M., Ngadin, A.A., Shah, R.M., Mohamad, N. 2008. Morphological variability of greater yam (*Dioscorea alata* L.) in Malaysia. Plant Genet. Res. 6: 52–61. doi.org/10.1017/s1479262108920050.

- Jyothy, A., Sheela, M.N., Radhika, N.K., Anwar, I., Kumar, V., Abhilash, P.V. 2017. Morphological characterization of greater yam (*Dioscorea alata* L.) landraces in Kerala. J. root crops. 43: 3–10.
- Obidiegwu, J., Rodriguez, E., Ene-Obong, E., Loureiro, J., Muoneke, C., Santos, C., Kolesnikova-Allen, M., Asiedu, R. 2010. Ploidy levels of *Dioscorea alata* L. germplasm determined by flow cytometry. Genet. Resour. Crop Evol. 57: 351–356. doi.org/10.1007/s10722-009-9473-8.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R. B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. 2020. vegan: Community Ecology. Package. R package version 2. 5–7.
- POWO. 2022. Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://www.plantsoftheworldonline.org/>.
- R: A language and environment for statistical. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sharif, B.M., Burgarella, C., Cormier, F., et al. 2020. Genome-wide genotyping elucidates the geographical diversification and dispersal of the polyploid and clonally propagated yam (*Dioscorea alata*). Ann. Bot. 126: 1029–1038. <https://doi.org/10.1093/aob/mcaa122>.
- Sheikh, N., Kumar, Y., Misra, A. K. 2019. Molecular characterization and phylogenetic assessment of a few *Dioscorea* (Dioscoreaceae) species of North-East India. Indian J Genet Plant Breed. 79: 82–88.
- Sugihara, Y., Kudoh, A., Tamiru, M. O., et al. 2021. Population genomics of yams: evolution and domestication of *Dioscorea* species. Population Genomics. Springer, Cham. New York, USA.
- Wilkin, P., Chirdsak, T., Santisuk, T., Larsen, K. 2009. Flora of Thailand: Dioscoreaceae, Part 1, Vol, 10. Forest Herbarium, Royal Forest Department. Bangkok. Thailand.
- Wu, D., Lao, S., Fan, L. 2021. De-domestication: an extension of crop evolution. Trends Plant Sci. 26: 560–574. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.02.003>.

การเปรียบเทียบสารฟลาโวนอยด์ในส่วนประกอบของกานหลวงขาวและกานหลวงแดง

Comparison of flavonoid in plant parts of *Bauhinia acuminata* Linn and *Bauhinia galpinii*

ปริญญ์ เวทย์วิวัฒน์^{a,*}, กนิษฐภัทร ลงยันต์^a, ณวรีณ อึ้งภากรณ์^a, รินยารัตน์ สรรพตานนท์^a, ศุภิสรา ชาญณรงค์^a, สวิตตา ไพโรเกษตร^a, ปิยาภัทร ไตรสนธิ^b, ซาฟิยะห์ สะอะ^b, พรพิมล ธัญญะภูมิ^a

Prinn Wethyavorn^{a,*}, Kanittapat Longyant^a, Navarin Ungbhakorn^a, Rinyarat Sanpatanont^a, Supisara Chanong^a, Sawitta Phaikaset^a, Piyapat Trisonthi^b, Safiah Saah^b, Pornpimol Thunyaphum^a

^aโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา กรุงเทพฯ 10900

^bสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aKasetsart University Laboratory School Center for Educational Research and Development, Bangkok 10900, Thailand

^bInstitute of Food Research and Product Development (IFRPD), Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: personal.prinn@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดและเปรียบเทียบสารฟลาโวนอยด์จากก้านและใบของต้นกานหลวงขาวและต้นกานหลวงแดง ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เอทานอล 95% และน้ำบริสุทธิ์ และเปรียบเทียบการสกัด 2 วิธี คือ การใช้อัลตราโซนิก และการใช้ความร้อน พบว่า การสกัดสารโดยใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำ และสกัดโดยใช้ความร้อน เป็นวิธีที่ได้สารสกัดมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (Total Flavonoid Content, TFC) โดยวิธี Aluminum chloride colorimetric method เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน เควอซิทิน (Quercetin) พบว่า ใบของต้นกานหลวงทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณฟลาโวนอยด์มากกว่าก้าน และกานหลวงแดงมีสารฟลาโวนอยด์มากกว่ากานหลวงขาว โดยใบกานหลวงแดงที่สกัดด้วยน้ำโดยใช้ความร้อน มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดที่ 7,334.44 มิลลิกรัมเทียบเท่าเควอซิทิน ต่อ 100 กรัมของวัตถุดิบสด ส่วนก้านกานหลวงแดง ใบกานหลวงขาว และก้านกานหลวงขาวที่สกัดด้วยน้ำโดยใช้ความร้อน มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ 2,116.13, 1,971.91 และ 282.90 มิลลิกรัมเทียบเท่าเควอซิทิน ต่อ 100 กรัมของวัตถุดิบสด ตามลำดับ

คำสำคัญ: กานหลวงขาว, กานหลวงแดง, ฟลาโวนอยด์

Abstract

The objective of this study was to extract and compare flavonoid in plant parts of *Bauhinia acuminata* Linn and *Bauhinia galpinii* which are growing well in Thailand. The samples were extracted using two methods, heat and ultrasonic, in two types of solvents – purified water and 95% ethanol. It was found that water extraction with heat led to a highest yield. The analysis of Total Flavonoid Content (TFC) using the Aluminum chloride colorimetric method against quercetin standard showed that the leaves of the two plants has higher TFC than their stems. Moreover, *Bauhinia galpinii* has higher TFC than *Bauhinia acuminata* Linn. The leaves of *Bauhinia galpinii* extracted with water using heat had highest TFC at 7,334.44 mgQE/100g fresh weight. Whereas, the stems of *Bauhinia galpinii*, the leaves and the stems of *Bauhinia acuminata* Linn have TFC at 2,116.13, 1,971.91 and 282.90 mgQE/100g fresh weight respectively.

Keywords: *Bauhinia acuminata* Linn, *Bauhinia galpinii*, Flavonoid

คำนำ

ประชากรโลกมีอายุเฉลี่ยมากกว่าในอดีตเนื่องจากวิทยาการและเทคโนโลยีทางด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพมีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น ในขณะที่เดียวกันกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable diseases, NCDs) ในประชากร เช่น เบาหวาน โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจ โรคไต โรคไขข้ออักเสบ เป็นต้น มีอุบัติการณ์เพิ่มขึ้น ตัวการสำคัญ ที่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อโรคต่างๆ เหล่านี้ คือ อนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นสารที่ไวต่อปฏิกิริยา ออกซิเดชัน ของร่างกาย เป็นสาเหตุให้เซลล์ถูกทำลายหรือเสื่อมสภาพ และก่อให้เกิดโรคต่างๆ ตามมา (ณัฐนนท์ และชญาดา, 2559) อนุมูลอิสระเกิดจากปัจจัยต่างๆ ในร่างกาย ได้แก่ กระบวนการเมตาบอลิซึม การเผาผลาญ สารอาหาร และปัจจัยภายนอก ได้แก่ แสงอาทิตย์ สารปรุงแต่งอาหาร สารกันบูด ฝุ่นละออง ความเครียด มลพิษต่างๆ (คนาทิพย์ และคณะ, 2563) โดยปกติร่างกาย จะมีระบบที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ แต่หากมี การสร้างอนุมูลอิสระเร็ว หรือร่างกายได้รับ อนุมูลอิสระจากภายนอกเข้ามามากเกินไป ร่างกายจะกำจัดอนุมูล อิสระที่เกิดขึ้นไม่ทัน ซึ่งอาจสร้าง ความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อได้ (วลัยพร และคณะ, 2556)

สารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) ซึ่งเป็น สารทุติยภูมิ ที่พืชสร้างขึ้น พบได้ในผัก ผลไม้ ชาเขียว ชาดำ ช็อกโกแลต และไวน์แดง เป็นต้น สามารถจำแนก ชนิดของสารประกอบ ฟีนอลิกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฟีนอลิกที่มาจากสารประกอบกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (Hydroxybenzoic acids) กลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) กลุ่มสติลเบน (Stilbenes) และกลุ่มลิกนินส์ และโพลีเมอร์ของลิกนินส์ โดยสารฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่พบมากที่สุด พบได้ทั่วไปในอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืช เช่น ผักและผลไม้ ในธรรมชาติพบฟลาโวนอยด์มากกว่า 4,000 ชนิด ชนิดของ ฟลาโวนอยด์ที่พบส่วนใหญ่ คือ ไมริเซติน (Myricetin) ฟิเซติน (Fisetin) เควอซิทิน (Quercetin) และแคมเฟอรอล (Kaempferol) (Butkhop and Samappito, 2011) หน้าที่ของฟลาโวนอยด์ในพืชที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ ต่อสุขภาพในมนุษย์ที่สำคัญ คือ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งได้แก่ ฤทธิ์ในการป้องกัน สภาวะเครียดในพืช เช่น การทนดินเปรี้ยว การทนดินเค็ม หรือการทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ผิดปกติ ฤทธิ์ในการกรองแสงที่มีพลังงานสูงเกินไป โดยฟลาโวนอยด์จะไปดูดซับพลังงานส่วนเกิน ซึ่งอาจทำลายเนื้อเยื่อของพืช ทำให้เนื้อเยื่อพืชเสียหาย ประโยชน์ ที่กล่าวมานี้ล้วนมาจากฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารฟลาโวนอยด์ทั้งสิ้น

หนึ่งในพรรณไม้ไทยที่มีสรรพคุณหลายอย่าง และเจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย คือ ต้นกาหลง ซึ่งเป็นไม้พุ่ม เตี้ยในป่าเบญจพรรณ ออกดอกในฤดูฝน กาหลงมีสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ช่วยลดโอกาสการเกิดโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคเบาหวาน โรคไตเรื้อรัง (กิตติพัฒน์ และคณะ, 2563) โรคเอดส์ โรคปอด และอีกมากมาย (Yao et al., 2004; Ligor et al., 2018) ปัจจุบันกระแสรักสุขภาพ กำลังอยู่ในความสนใจ การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สะดวกสบายในการช่วย ลดอนุมูล อิสระและเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ (วาสนา และคณะ, 2564) พบบางวิจัย ที่หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ใน ส่วนประกอบของกาหลงขาวและแดงในประเทศเช่น แอฟริกาใต้ (Ahmed et al., 2019) ปากีสถาน (Gul et al., 2021) และอินเดีย (Sebastian and Sophy, 2020) กล่าวไว้ว่าพบสารฟลาโวนอยด์ในส่วนกิ่งและใบ แต่ยังไม่มีการวิจัยในประเทศไทยที่ทำให้ทราบข้อมูลของปริมาณสารฟลาโวนอยด์ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากพืช ที่มีฟลาโวนอยด์เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัด สารฟลาโวนอยด์จากส่วนประกอบของต้นกาหลงขาวและกาหลงแดงที่มีประสิทธิภาพ และเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในส่วนประกอบของกาหลงขาวและกาหลงแดง

วิธีการสกัดสารฟลาโวนอยด์

การเตรียมตัวอย่าง

วิธีการสกัดสารกลุ่มฟลาโวนอยด์จากส่วนต่างๆ ของกาหลงขาวและกาหลงแดง ดัดแปลงมาจากการรายงานของ Saah et al. (2021) สารเคมีที่ใช้ในการสกัดสารฟลาโวนอยด์ ได้แก่ เอทานอล 95% และน้ำบริสุทธิ์ ส่วนสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ได้แก่ สารละลายมาตรฐานเคอควิซติน เอทานอล 99% สารละลายโซเดียมไนไตรต์ (NaNO_2) 5% สารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ (AlCl_3) 10% และ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 4%

การเตรียมก้านและใบกาหลงขาวและกาหลงแดง ได้เก็บตัวอย่างก้านและใบของพืชทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ กาหลงขาวและกาหลงแดง จากเขตจตุจักรและเขตพญาไท จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในวันที่ 6-7 พฤศจิกายน 2565 และนำมายังห้องปฏิบัติการอาหารเชิงพันธุภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (IFRPD) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อแยกส่วนก้านและใบ และอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยส่วนก้านใช้เวลา 20 ชั่วโมง และส่วนใบใช้เวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำก้านและใบที่อบแห้งมาบดเป็นผงละเอียด ชั่งน้ำหนักและเก็บรักษาในถุงสุญญากาศ โดยแบ่งเป็นส่วนก้านและส่วนใบ อย่างละ 3 ชุด ลักษณะของใบกาหลงขาวและกาหลงแดง แสดงใน Fig. 1 และการเตรียมตัวอย่างเพื่อเข้าตู้อบลมร้อน และหลังบดละเอียด แสดงใน Fig. 2



Front of *Bauhinia acuminata* Linn's leaves



Front of *Bauhinia galpinii*'s leaves



Backside of *Bauhinia acuminata* Linn's leaves



Back of *Bauhinia galpinii*'s leaves

Fig. 1 Leaves of *Bauhinia acuminata* Linn and *Bauhinia galpinii*

การสกัดสารฟลาโวนอยด์

การสกัดสารฟลาโวนอยด์ในการทดลองนี้ เลือกใช้ 2 วิธีการ ได้แก่ การใช้ความร้อน และการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ เอทานอล 95% และ น้ำบริสุทธิ์ เพื่อเปรียบเทียบว่าวิธีการใดและตัวทำ

ละลายได้ จะมีประสิทธิภาพในการสกัดมากที่สุด โดยทำการทดลอง 3 ชุด แบ่งเป็นชุดละ 16 ตัวอย่าง ดังแสดงใน Fig. 1 โดยการสกัด เริ่มจากชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ 5 กรัม บรรจุในหลอด Centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นเทตัวทำละลายใส่ในหลอด centrifuge ที่บรรจุวัตถุดิบไว้แล้ว หลอดละ 25 มิลลิลิตร และสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือ สกัดด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามที่กำหนดไว้ เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดไว้ นำไปเหวี่ยงตะกอน และระเหยตัวทำละลายออกด้วย Speed vacuum concentrator จากนั้นจึงชั่งน้ำหนักสารสกัดที่ได้

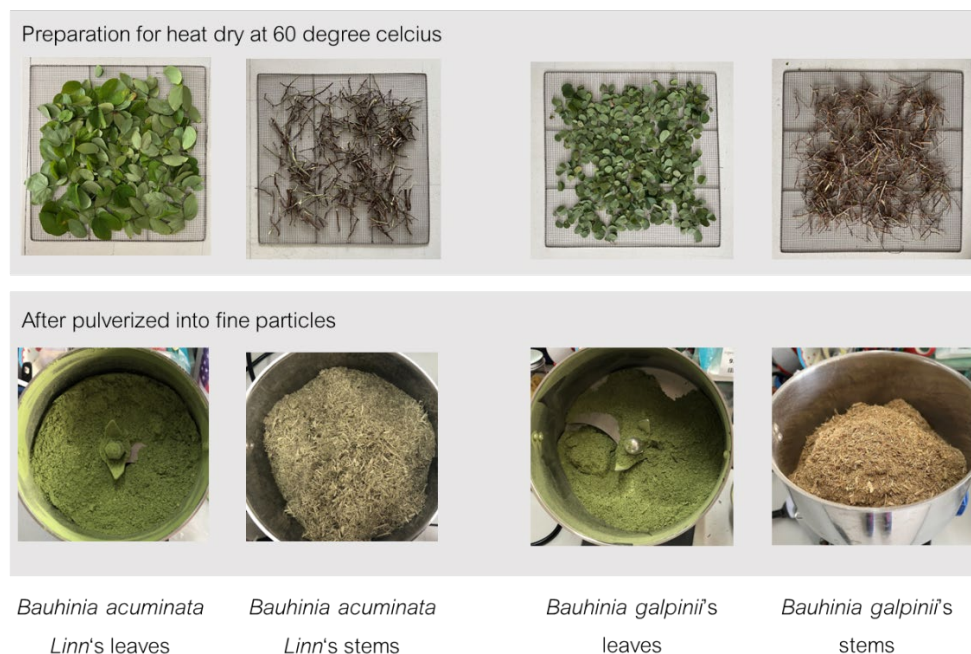


Fig. 2 Preparation of leaves and stems of *Bauhinia acuminata* Linn and *Bauhinia galpinii's*

การตรวจวัดปริมาณสารฟลาโวนอยด์

การตรวจวัดปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (Total Flavonoid Content) ในงานวิจัยนี้ จะใช้วิธี aluminum chloride colorimetric method โดยเตรียมตัวอย่างสารละลายของตัวอย่างให้มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในเมทานอล และนำสารละลายดังกล่าวมา 20 ไมโครลิตร เจือจางด้วยเมทานอล 980 ไมโครลิตร ให้ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ทดสอบคือ 50 ไมโครลิตร โดยความเข้มข้นสุดท้าย (final concentration) ในไมโครเพลทที่ใช้ตรวจวัดคือ 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

จากนั้น ดูดสารละลายมาตรฐาน Quercetin หรือ สารละลายตัวอย่าง ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มา 50 ไมโครลิตร ใส่ลงใน 96 well plate แล้วเติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์ (NaNO_2) ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 15 ไมโครลิตร บ่ม 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ (AlCl_3) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 15 ไมโครลิตร บ่ม 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติม สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 โมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 200 ไมโครลิตร ด้วยน้ำกลั่น (~20 ไมโครลิตร) จากนั้นบ่ม 15 นาที ภายใต้อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในสารสกัดในหน่วยมิลลิกรัมสมมูล Quercetin ต่อน้ำหนักสารสกัดแห้ง 1 กรัม (mgQE/gDW) โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Quercetin ที่ความเข้มข้น 6.25, 12.5, 25 และ 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ใน Fig. 3 ซึ่งคำนวณเป็นปริมาณสาร quercetin

ในแต่ละ well ทดสอบได้ 1.5625, 3.125, 6.25 และ 12.5 ไมโครกรัม ตามลำดับ เนื่องจากปริมาตรรวมสุดท้ายของสารทดสอบในแต่ละ well เท่ากับ 250 ไมโครลิตร

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการศึกษาทั้งหมดแสดงในรูปค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของค่าที่ได้จากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ($n = 3$) การวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าต่างๆ ในผลการศึกษาดำเนินการด้วยวิธี One way ANOVA ($p < 0.05$) และ post hoc analysis ใช้วิธี Duncan's multiple ranges test โดยใช้ซอฟต์แวร์ IBM SPSS statistics version 20

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีในการสกัดสารฟลาโวนอยด์ ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในส่วนประกอบต่างๆ ของต้นกาหลง และเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในชนิดของกาหลง ได้ผลดังแสดงใน Table 1 พบว่าผลผลิตของสารสกัดที่ได้จากก้านและใบของต้นกาหลงขาวและแดง จะได้ปริมาณสารสกัดมากที่สุดเมื่อใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำและสกัดด้วยความร้อน โดยจะได้ปริมาณสารสกัดจากใบมากกว่าก้านประมาณ 4 เท่าตัว เมื่อใช้วัตถุดิบสดน้ำหนักเท่ากัน และหากเปรียบเทียบระหว่างกาหลงขาวและกาหลงแดง พบว่าทั้งใบและก้านของกาหลงแดงได้ผลผลิตสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับใบและก้านของกาหลงขาว โดยใบของกาหลงแดงที่สกัดด้วยความร้อนโดยใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำ ได้ผลผลิตสารสกัดสูงสุดที่ 11.95 กรัม ต่อน้ำหนักวัตถุดิบสด 100 กรัม และก้านของกาหลงขาวที่สกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงโดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล 95% ได้ผลผลิตต่ำที่สุด ที่ 0.97 กรัม ต่อน้ำหนักวัตถุดิบสด 100 กรัม

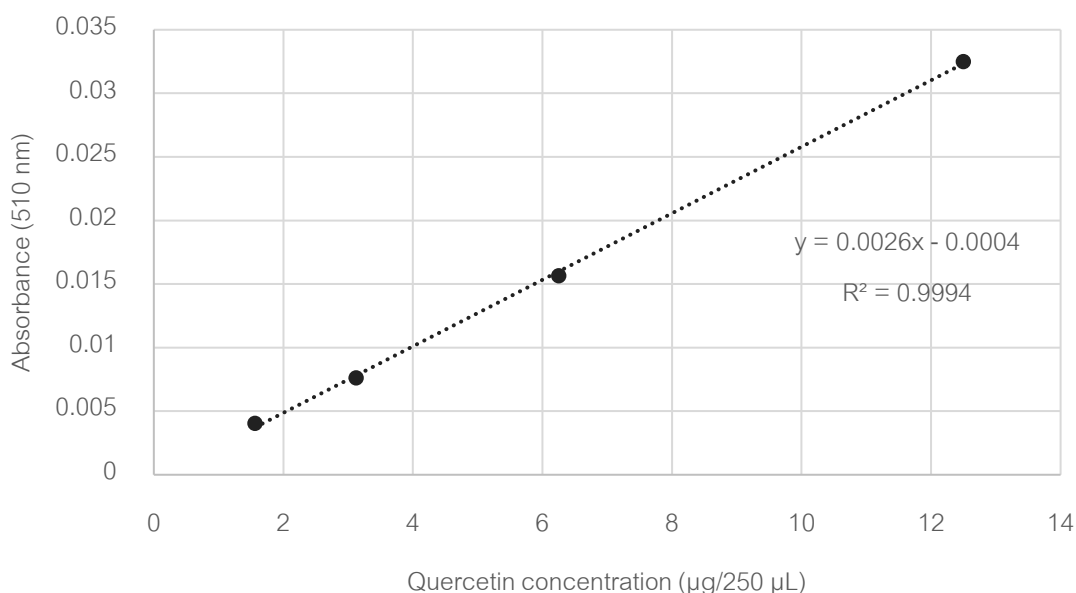


Fig. 3 Calibration curve for Quercetin standard

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid contents) ในส่วนก้านและใบของต้นกาหลงขาวและกาหลงแดง โดยวิธี Aluminum chloride colorimetric assay ซึ่งมีหลักการคือการใช้อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์

(Aluminum ion: Al^{3+}) ที่แตกตัวจากสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3$) เข้าจับกับสารฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างสารสกัด โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากการเติมโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ลงไปในตัวอย่าง และเมื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) เข้าไปจะเกิดปฏิกิริยารีดักชันทำให้สารฟลาโวนอยด์ทุกชนิดที่อยู่ในสารสกัดเปลี่ยนเป็นสีแดง ซึ่งการวัดปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมดังกล่าวดำเนินการโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างด้วยความยาวคลื่นแสงช่วง UV-visible ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดในการศึกษานี้คือเครื่อง Microplate reader

การคำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในตัวอย่างจากค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ทำโดยการเทียบกับกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของสารฟลาโวนอยด์ quercetin ที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน โดยมีช่วงความเข้มข้น 0.05–50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับช่วงความเข้มข้นดังกล่าวของสารมาตรฐาน และกราฟมาตรฐานในการศึกษานี้มีค่า $R^2 = 0.9994$ (Fig. 3) โดยปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในก้านและใบของต้นกาหลงขาวและกาหลงแดงจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน quercetin ได้ผลดังแสดงใน Table 2

Table 1 Extract yield using various extraction methods from *Bauhinia acuminata* Linn and *Bauhinia galpinii*

Plant	Part of plant	Solvent	Extraction method	Sample No.	Extract from dry sample (g /100g)	Extract from fresh sample (g /100g)
<i>Bauhinia acuminata</i>	Leaves	Ethanol 95%	Ultrasonic	1	12.29±2.25 ^{cd}	4.73±0.86 ^d
			Heat	2	13.65±0.67 ^c	5.25±0.26 ^d
		Water	Ultrasonic	3	22.75±1.94 ^b	8.75±0.75 ^c
			Heat	4	28.13±1.69 ^a	10.82±0.65 ^b
	Stems	Ethanol 95%	Ultrasonic	5	1.97±0.08 ^g	0.97±0.04 ^g
			Heat	6	2.75±0.33 ^g	1.35±0.16 ^{fg}
		Water	Ultrasonic	7	2.61±0.13 ^g	1.37±0.29 ^{fg}
			Heat	8	4.62±0.13 ^{fg}	2.27±0.06 ^{ef}
<i>Bauhinia galpinii</i>	Leaves	Ethanol 95%	Ultrasonic	9	8.91±1.56 ^e	4.55±0.31 ^d
			Heat	10	10.83±0.53 ^{de}	4.30±0.21 ^d
		Water	Ultrasonic	11	28.10±2.98 ^a	11.15±1.18 ^{ab}
			Heat	12	30.11±2.80 ^a	11.95±1.11 ^a
	Stems	Ethanol 95%	Ultrasonic	13	3.52±1.08 ^{fg}	1.99±0.23 ^{ef}
			Heat	14	4.40±0.05 ^{fg}	2.15±0.02 ^{ef}
		Water	Ultrasonic	15	5.93±0.36 ^f	2.90±0.18 ^e
			Heat	16	6.10±0.13 ^f	2.98±0.06 ^e

* All data are expressed as mean ± standard deviation (SD) of triplicate experiments ($n = 3$)

** Different lower-case alphabets indicate significantly different values in each result at $p < 0.05$

Table 2 Results of total flavonoid content of leaves and stems of *Bauhinia acuminata* Linn and *Bauhinia galpinii*

Plant	Part of plant	Solvent	Extraction method	Sample No.	TFC from dry extract (mg QE/g of crude extract)	TFC from dry sample (mg QE/100g DW)	TFC from fresh sample (mg QE/100g FW)
<i>Bauhinia acuminata</i>	Leaves	Ethanol 95%	Ultrasonic	1	200.43±15.60 ^f	2,797.15±138.40 ^e	952.81±219.94 ^e
			Heat	2	200.82±25.06 ^f	2,730.20±209.66 ^e	1,050.27±80.57 ^e
		Water	Ultrasonic	3	173.66±41.72 ^f	5,160.54±133.46 ^c	1,719.47±232.51 ^d
			Heat	4	194.43±24.68 ^f	5,497.03±687.15 ^c	1,971.91±162.88 ^d
	Stems	Ethanol 95%	Ultrasonic	5	170.9±34.88 ^f	311.20±20.47 ^f	144.64±14.62 ^f
			Heat	6	138.76±7.08 ^f	348.70±34.18 ^f	171.53±16.76 ^f
		Water	Ultrasonic	7	215.25±43.64 ^f	561.85±113.13 ^f	289.23±31.57 ^f
			Heat	8	193.34±64.15 ^f	545.59±135.78 ^f	282.90±66.79 ^f
<i>Bauhinia galpinii</i>	Leaves	Ethanol 95%	Ultrasonic	9	688.96±90.04 ^{cd}	6,361.99±359.75 ^b	3,339.90±286.48 ^c
			Heat	10	600.22±53.15 ^{de}	6,556.02±528.17 ^b	2,990.92±348.90 ^c
		Water	Ultrasonic	11	522.38±37.44 ^e	15,080.55±359.44 ^a	5,985.52±142.84 ^b
			Heat	12	486.77±52.51 ^e	14,573.87±824.92 ^a	7,334.44±550.16 ^a
	Stems	Ethanol 95%	Ultrasonic	13	909.55±48.71 ^{ab}	4,022.28±137.85 ^d	1,963.84±186.50 ^d
			Heat	14	940.74±69.47 ^a	4,134.64±268.76 ^d	2,018.59±131.44 ^d
		Water	Ultrasonic	15	720.27±42.47 ^{cd}	4,275.31±430.92 ^d	2,087.30±210.27 ^d
			Heat	16	780.08±60.77 ^{bc}	4,334.01±719.77 ^d	2,116.13±351.80 ^d

* All data are expressed as mean ± standard deviation (SD) of triplicate experiments ($n = 3$)

** Different lower-case alphabets indicate significantly different values in each result at $p < 0.05$

งานวิจัยของ Anju Krishna et al. (2015) พบปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในก้านและใบของกาหลงขาว 54.98 mg and 150.99 mg QE/g ของสารสกัด ซึ่งน้อยกว่างานวิจัยนี้เนื่องจากสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง ส่วนการศึกษาของ Ahmed et al. (2019) ได้ศึกษาองค์ประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในใบกาหลงแดงแต่ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ เนื่องจากไม่ได้วิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม หากเปรียบเทียบใบกาหลงขาวและแดงที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวม 55 และ 150 mg QE/g วัตถุประสงค์แห่ง (Table 2) กับกุหลาบพันปีสกัดด้วยเมทานอล พบปริมาณ ฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่ากาหลงขาวเล็กน้อยที่ 67 mg QE/g วัตถุประสงค์แห่ง (Saah et al., 2021) และกาหลงแดงยังมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่ายอดอ่อนและใบกระถินซึ่งมีค่า 439 และ 519 mg QE/g สารสกัดแห่ง (คณาทิพย์ และคณะ, 2563)

สรุป

จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณสารสกัดมีแนวโน้มสอดคล้องกับปริมาณฟลาโวนอยด์ในส่วนใบและส่วนก้านของกาหลงขาวและกาหลงแดง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ในใบและก้าน พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ในใบมากกว่าก้าน เนื่องจาก ฟลาโวนอยด์เป็นสารสีในพืช และใบเป็นส่วนที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสง จึงต้องมีฟลาโวนอยด์ช่วยกรองพลังงานจากแสง ในใบพืชจึงมีฟลาโวนอยด์สะสมมากกว่าส่วนก้านตามธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ในกาหลงขาวและกาหลงแดงพบว่า ฟลาโวนอยด์ในกาหลงแดงมีปริมาณมากกว่าฟลาโวนอยด์ในกาหลงขาว เนื่องจากกาหลงขาวและกาหลงแดงเป็นพืชคนละสปีชีส์ ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณสารพฤกษเคมีที่แตกต่างกัน แสดงว่าตามธรรมชาติกาหลงแดงเป็นพืชที่มีฟลาโวนอยด์มากกว่า ในเชิงของการนำไปใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพ กาหลงแดงจึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพมากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบตัวละลายที่ใช้ในการสกัดพบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำมากกว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล แสดงว่าชนิดของฟลาโวนอยด์ในกาหลงมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีกว่าแอลกอฮอล์ จึงคาดว่าส่วนใหญ่เป็นฟลาโวนอยด์ที่จับอยู่กับน้ำตาล (Flavonoid glycoside) ยกเว้น ก้านกาหลงแดงซึ่งปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำใกล้เคียงกับปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล แสดงว่าฟลาโวนอยด์ในก้านกาหลงแดงเป็นชนิดที่สามารถละลายได้ดีทั้งในเอทานอลและน้ำ เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดพบว่า การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ทำให้ได้ปริมาณสารสกัดใกล้เคียงกับการใช้ความร้อนในการสกัด สันนิษฐานว่าเนื่องจากวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการสกัดเป็นวัตถุประสงค์ที่ผ่านการบดละเอียด มีขนาดอนุภาคเล็กเหมือนกันทุกตัวอย่างความสามารถในการทำให้วัตถุดิบแตกตัวของคลื่นเสียงความถี่สูง จึงไม่มีความจำเป็นในการทำให้ได้สารสกัดมากขึ้น และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสที่ใช้ในการสกัดด้วยความร้อนไม่มีผลทำให้ฟลาโวนอยด์ในกาหลงเสื่อมสภาพ สรุปในส่วนของ การเปรียบเทียบวิธีการสกัดและตัวทำละลาย วิธีที่เหมาะสมในการสกัดฟลาโวนอยด์จากกาหลงแดงและขาว ทั้งส่วนก้านและใบ คือ การสกัดแบบใช้ความร้อน โดยมีตัวทำละลายเป็นน้ำ ซึ่งจะสามารถสกัดสารฟลาโวนอยด์ได้ดีเทียบเท่ากับการใช้อุปกรณ์ที่มีค่าใช้จ่ายสูง และสรุปในส่วนของ การเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ในกาหลงทั้ง 2 ชนิด กาหลงแดงทั้งส่วนใบและก้านมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงกว่ากาหลงขาว และส่วนใบของกาหลงทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณฟลาโวนอยด์มากกว่าส่วนก้าน

อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพื่อหาสารประกอบฟลาโวนอยด์ในกาหลงขาวและกาหลงแดงในรายละเอียดต่อไป เนื่องจากการใช้วิธีการหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นวิธีการเบื้องต้นสำหรับการศึกษาสารฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างพืชเท่านั้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้รวดเร็วและมีต้นทุนไม่มาก แต่สามารถทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในเชิงการคัดกรองพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพ เพื่อไปทำการศึกษาระดับสูงอย่างละเอียดด้วยวิธีการทางเคมีวิเคราะห์อื่นๆต่อไป เช่น การวิเคราะห์ด้วยโครมาโตกราฟีของเหลวเชิงปริมาณ (quantitative liquid chromatography) หรือการ

วิเคราะห์ด้วยวิธีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS) เพื่อระบุชนิดของสารฟลาโวนอยด์ที่เป็นองค์ประกอบได้อย่างแม่นยำ และเนื่องจากพบปริมาณฟลาโวนอยด์ในกาหลงแดงมากกว่ากาหลงขาวอย่างมีนัยสำคัญ จึงอาจศึกษาพืชในกลุ่มชงโค ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับกาหลงแดงเพื่อหาปริมาณฟลาโวนอยด์ ซึ่งอาจพบได้ในปริมาณมากเช่นกัน

การศึกษาสารสำคัญและฤทธิ์ชีวภาพด้านสุขภาพของพืชพื้นเมืองของไทยจะนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากพืชพื้นถิ่นที่เจริญเติบโตได้ทั่วไปในประเทศ การประยุกต์ใช้สรรพคุณในการป้องกันรักษาโรคต่างๆ จะสามารถช่วยทดแทนการนำเข้ายาแผนปัจจุบันจากต่างประเทศที่มีราคาแพง อย่างไรก็ตามในการนำพืชสมุนไพรพื้นบ้านมาแปรรูปเป็นอาหารและยา เช่น การแปรรูปเป็นชาสมุนไพร ยังจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความเป็นพิษตามเกณฑ์ของคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) กระทรวงสาธารณสุข เพื่อป้องกันผลกระทบทั้งระยะสั้นและระยะยาวของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิสวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ และนางจุฑารัตน์ สุวารีย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างสดจากต้นกาหลงขาวและกาหลงแดง ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กิตติพัฒน์ ไสภิตธรรมคุณ, วรวัฒน์ พรหมเด่น, ปานทิพย์ รัตนศิลป์กัลชาญ. 2563. คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณรวมของสารฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ และการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งต่อมน้ำดี จากสมุนไพรไทย. วารสารเทคนิคการแพทย์, 48: 7519–31.
- คณาทิพย์ สิงห์สาย, อภิษฎา ศักดาวิโรจน์, กนกพิชญ์ เวชพานิชย์กิจกุล, อสมภรณ์ หมนุสมัย. 2563. การเปรียบเทียบสารประกอบฟีนอลิกสารฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดเอทานอลจากยอดอ่อน ใบผลและเมล็ดของกระถินไทย. วารสารนเรศวรพะเยา, 13: 66–73.
- ณัฐนนท์ อยู่สถิตย์ และชญาดา กลิ่นจันทร์. 2559. การวิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์ในใบสะระแหน่ ใบทับทิม และใบว่านแร้งคอดำ เพื่อแปรรูปเป็นชาสมุนไพร. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 .มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, กำแพงเพชร, หน้า 332–338.
- วาสนา อินทะแสง, ภาวิต หน่อไชย, มาศ ไม้ประเสริฐ. 2564. ผลของการรับประทานอาหารเสริมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระต่อภาวะเครียดออกซิเดชัน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ, 9: 24–37.
- วลัยพร สิ้นสวัสดิ์, ญาภัสส์ คุ่มกลาง, พรชัย สิ้นสวัสดิ์. 2556. การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบรางจืดสดและแห้ง. รายงานวิจัยกองทุนส่งเสริมการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- Ahmed A.S., Moodley N., Eloff J.N. 2019. Bioactive compounds from the leaf extract of *Bauhinia Galpinii* (Fabaceae) used as anti-diarrhoeal therapy in southern Africa. South African Journal of Botany 126: 345–353. doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.011.
- Anjukrishna, S.R., Hafza, S., Poorna, C.G., Lekhya, P.C., Bhaskara, R.K.V. 2015. Pharmacological properties, phytochemical and GC-MS analysis of *Bauhinia acuminata* Linn. JOCPR. 7: 372–380.
- Butkhu L., Samappito S. 2011. Phenolic constituents of extract from Mao Luang seeds and skin-pulp residue and its antiradical and antimicrobial capacities. J. Food Biochem. 35: 1671–1679. doi.org/10.1111/j.1745-4514.2010.00491.x

- Gul, H., Awais, M., Saddick, S., Ahmed, Y., Khan, F.S., Ahmed, E., Afzal, U., Zaigham Abbas Naqvi, S.M., Khan, M.A., Gulfranz, M., Raja, G.K. 2021. Quantification of biochemical compounds in *Bauhinia Variegata* Linn flower extract and its hepatoprotective effect. Saudi Journal of Biological Sciences 28: 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.09.056>.
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Testa, G., Cacciatore, F., Bonaduce, D., Abete, P. 2018. Oxidative stress, aging, and diseases. Clin Interv Aging. 2018 Apr 26, 13: 757–772. doi: 10.2147/CIA.S158513.
- Saah, S., Siriwan, D., Trisonthi, P. 2021. Biological activities of *Boesenbergia rotunda* parts and extracting solvents in promoting osteogenic differentiation of pre-osteoblasts. Food Bioscience 41 (2021) 101011. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101011
- Sebastian, D., Sophy, R. 2020. Bauhinia acuminata Linn: A brief review of its phytochemistry and pharmacology. AJPP. 6: 164–170. doi.org/10.31024/ajpp.2020.6.3.2.

ผลของการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยไทม์ ตะไคร้หอม และกานพลูต่อการชะลอการสุกและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยหอมคาเวนดิช

Effects of fumigation with thyme, citronella and clove essential oils on delay ripening and postharvest quality of banana cv. Cavendish

ยศววัฒน์ คำสมุทร, วิพรพรรณ เนื่องเม็ก, วาสนา พิทักษ์พล*

Yodsawat Khamsamut, Wipornpan Nuangmek, Wasna Pithakpol*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao,

Phayao 56000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: pi.wasna24@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยไทม์ ตะไคร้หอม และกานพลูต่อการชะลอการสุกและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยหอมคาเวนดิช โดยนำกล้วยหอมคาเวนดิชในระยะการสุกแก่ 70% มารมด้วยน้ำมันหอมระเหย 3 ชนิด (ไทม์ ตะไคร้หอม และกานพลู) 3 ระดับความเข้มข้น (500, 1,000 และ 2,000 ppm) และชุดควบคุมเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2 เปอร์เซ็นต์) เป็นระยะเวลา 12 วัน ผลการศึกษาพบว่า การรมด้วยน้ำมันหอมระเหยไทม์ ตะไคร้หอม และกานพลูทุกระดับความเข้มข้นสามารถชะลอการสุกแก่ได้ โดยที่ผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยไทม์ความเข้มข้น 500 ppm และ 1,000 ppm และกานพลูทั้ง 3 ความเข้มข้นมีการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเจริญของเส้นใยเชื้อราบนขั้วหวี การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลกล้วยได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ทำให้สามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 12 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 8 วัน

คำสำคัญ: การสุกแก่, กล้วยหอมคาเวนดิช, น้ำมันหอมระเหย

Abstract

The purpose of research was to study the effects of thyme, citronella, and clove essential oils for delay ripening and postharvest of quality banana cv. Cavendish. Banana fruits were harvested at 70% maturity then were fumigated with 3 essential oils (thyme, citronella, and clove) and 3 concentration (500, 1,000 and 2,000 ppm) for 8 hours while the control fruits were none essential oils fumigated. All banana fruits were stored at ambient temperature (25 ± 2 °C, 65 ± 2 % RH) for 12 days. Results showed that banana fruits fumigated with thyme, citronella and clove had effectively in delay ripening during room temperature storage. In addition, banana fumigated with essential oils of thyme 500, 1,000 ppm and clove at 500, 1,000 and 2,000 ppm had reduced the fungus growth on banana crown, weight loss, fruit firmness, total soluble solids and peel color than the other treatment and had the longest storage life for more than 12 days while the control had 8 days shelf life.

Keywords: Cavendish banana, Essential oils, Ripening

คำนำ

กล้วยหอมคาเวนดิช หรือกล้วยหอมเขียวคาเวนดิช (*Musa spp.*, AAA group “Cavendish”) โดยประเทศที่มีการปลูกเพื่อการค้าคือ เอกวาดอร์ ฟิลิปปินส์ และอเมริกาใต้ มีลักษณะเฉพาะคือ ผลอ่อนจะมีสีเขียวจนเมื่อผลสุกจึงกลายเป็นสีเขียวปนเหลือง จะไม่เหลืองนวลทั้งผล กล้วยหอมคาเวนดิช เป็นสายพันธุ์ที่มีความสำคัญในตลาดการค้ากล้วยหอมระหว่างประเทศ โดยในตลาดโลกกล้วยหอมคาเวนดิชมีการส่งออกมากที่สุดถึง 95% ในขณะที่ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกเพียง 5% ทำให้ประเทศไทยมีการส่งเสริมปลูกกล้วยหอมคาเวนดิชเพื่อทดแทนกล้วยหอมทองเพื่อส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เนื่องจากกล้วยหอมคาเวนดิชเป็นกล้วยหอมที่สามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทยและให้ผลผลิตสูงถึง 6-7 ตัน ต่อไร่ รวมทั้งกล้วยหอมคาเวนดิชเป็นกล้วยที่มีศักยภาพในการส่งออก เนื่องจากมีลักษณะเด่นคือเปลือกหนา ทนทานต่อการขนส่ง มีอายุการวางตลาดได้นาน และรสชาติหวานน้อยเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพ โดยตลาดส่งออกที่สำคัญคือประเทศจีน และอิหร่าน (เปรม, 2559) แต่ปัญหาที่สำคัญคือ กล้วยหอมคาเวนดิชเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit ในระยะการสุกแก่จะมีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้กล้วยสุกเร็วขึ้น รวมทั้งมีการเข้าทำลายของโรคทำให้กล้วยเน่าเสียได้ง่ายขึ้น โดยก๊าซเอทิลีน (Ethylene) เป็นฮอร์โมนพืชที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสุกของผลไม้ (Fruit ripening) โดยจะกระตุ้นให้คลอโรฟิลล์สลายตัว เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหรือสีส้ม กระตุ้นให้แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ช่วยลดปริมาณกรด ทำให้การสุกของผลเร็วขึ้น และทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย บริเวณขั้วผลมักเกิดเชื้อรา ขั้วผลหลุด ส่งผลให้กล้วยเกิดความเสียหาย โดยมีรายงานว่า การใช้น้ำมันหอมระเหยสามารถควบคุมเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เนื่องจากสารสกัดจากพืชมีสารประกอบที่สำคัญหลายชนิด เช่น eugenol, cinnamaldehyde, thymol (Mondal, 2010) สารประกอบเหล่านี้จะออกฤทธิ์ต่อเชื้อรา โดยน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้หอม และไทม์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราในมะเขือเทศ สตรอว์เบอร์รี พืช รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา (สมสุดา, 2560; Tzortzakis, 2007; Cindi et al., 2016; Jahani et al., 2020) ดังนั้นการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ไทม์ ตะไคร้หอม และกานพลู น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว และยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมคาเวนดิชได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 10 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีทั้งหมดได้แก่ ผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย 3 ชนิด (ไทม์, ตะไคร้หอม และกานพลู) ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ (500, 1,000 และ 2,000 ไมโครลิตร) และชุดควบคุมที่ไม่มีกรรมน้ำมันหอมระเหย

การเตรียมวัสดุปลูก

ทำการเก็บเกี่ยวกล้วยหอมคาเวนดิชจากผู้ประกอบการที่ปลูกกล้วยหอมเพื่อการส่งออก ในเขตอำเภอจุน จังหวัดพะเยา โดยเก็บเกี่ยวผลกล้วยที่สุกแก่ประมาณ 70% (เป็นระยะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเพื่อส่งออก) จากนั้นขนส่งโดยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา นำมาตัดแบ่งออกเป็นหัวๆ ละ 4 ผล ทำการคัดขนาดกล้วยที่มีขนาดสม่ำเสมอ สีใกล้เคียงกัน ผลที่ไม่มีตำหนิปราศจากโรค และแมลง ทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 30 วินาที ึ่งให้แห้ง จากนั้นนำกล้วยมารมด้วยน้ำมันหอมระเหย 3 ชนิด (ไทม์ ตะไคร้หอม และกานพลู) ที่ระดับความเข้มข้น 500,

1,000 และ 2,000 ไมโครลิตร โดยนำผลกล้วยที่เตรียมไว้ใส่ลงในกล่องพลาสติกขนาด 39x55x28 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมกับน้ำมันหอมระเหย ทำการหมักเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ในขณะที่ผลกล้วยในชุดควบคุมจะไม่มีกรรมน้ำมันหอมระเหย จากนั้นนำกล้วยมาบรรจุในกล่องกระดาษแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 65±2% เป็นระยะเวลา 12 วัน

การบันทึกผลการทดลอง

ทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพ วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และอายุการเก็บรักษาได้ดังนี้

คุณภาพทางกายภาพได้แก่

การสูญเสียน้ำหนักสด (%) ทำการชั่งน้ำหนักของผลกล้วยแล้วนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

Equation 1

$$\% \text{ Weight loss} = \frac{\text{starting weight} - \text{last weight}}{\text{starting weight}} \times 100 \quad (1)$$

ความแน่นเนื้อ โดยใช้ Texture Analyzer Tester โดยการวัดที่บริเวณหัว กลาง ท้ายของผลกล้วยที่ผ่านการปอกเปลือกจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย และรายงานผลเป็นนิวตัน

สีที่ผิวที่เปลือกผล โดยวัดสีของเปลือกด้านนอกของผลกล้วย โดยวัด 3 ตำแหน่งคือ ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนล่างของผลกล้วย จากนั้นนำค่าสีทุกตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เครื่องวัดสี Konica Minolta CR 400 รายงานผลเป็นค่า L*, a* และ b* ในระบบ Commission International de l'Eclairage (CIE) โดย L* แสดงถึงค่าความสว่างมีค่าเป็น 0-100 ถ้าค่า L* มีค่ามาก แสดงถึงความสว่างมาก ส่วน a* แสดงถึงสีเขียวเมื่อค่าเป็น (-) และสีแดงเมื่อค่าเป็น (+) ขณะที่ b* แสดงถึงสีน้ำเงินเมื่อค่าเป็น (-) และสีเหลืองเมื่อค่าเป็น (+)

การเกิดโรคที่ขั้วผล ทำการประเมินความรุนแรงของโรค (Disease severity) 6 ระดับคะแนน สังเกตจากการเจริญของเส้นใยของเชื้อราบนขั้วผลคือ 0 คะแนน = ไม่พบการเจริญของเส้นใยเชื้อราบนขั้วผล, 1 คะแนน = พบเส้นใยเชื้อรา น้อยกว่า 10% บนขั้วผล, 2 คะแนน = พบเส้นใยเชื้อรา 11-30% บนขั้วผล, 3 คะแนน = พบเส้นใยเชื้อรา 31-50% บนขั้วผล, 4 คะแนน = พบเส้นใยเชื้อรา 51-70% บนขั้วผล, และ 5 คะแนน = พบเส้นใยเชื้อรา 71-100% บนขั้วผล (พิกุล, 2559)

การประเมินการสุก โดยการสังเกตสีผิวของเปลือกกล้วยโดยใช้ค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกตามระดับดังนี้ 1 = สีเขียวสด, 2 = สีเขียวอ่อน, 3 = สีเขียวมากกว่าสีเหลือง, 4 = สีเหลืองมากกว่าสีเขียว และ 5 = เหลืองทั้งผล (กัลยาภัสร์ และคณะ, 2563)

อายุการเก็บรักษา โดยประเมินจากการสุกของผลกล้วยที่มีการสุกเต็มที่ ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา ตามมาตรฐาน CSIRO (1972)

คุณภาพทางเคมีได้แก่

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid; TSS) โดยนำตัวอย่างเนื้อกล้วย 25 กรัม ผสมน้ำ 100 มิลลิลิตร บั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียดนำสารละลายที่ได้ไปวัดด้วยเครื่อง เครื่อง Digital refractometer (PAL-1 Atago, Japan)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยทำการ วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสูญเสียน้ำหนัก พบว่ากล้วยหอมคาเวนดิชที่ผ่านการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย 3 ชนิด ได้แก่ โทมาร์, ตะไคร้หอม และกานพลู ความเข้มข้น 0, 500, 1,000 และ 2,000 ppm แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่า ผลกล้วยมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยการรมด้วยน้ำมันหอมระเหย โทมาร์ ตะไคร้หอม และกานพลู ทุกระดับความเข้มข้นช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดควบคุม โดยวันที่ 12 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย โทมาร์ ความเข้มข้น 1,000 ppm ตะไคร้หอม ความเข้มข้น 500 ppm และกานพลู ทั้ง 3 ความเข้มข้น มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 7.61–7.82 % ในขณะที่ผลกล้วยในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 14.11% (Fig. 1A) ทั้งนี้เนื่องจากชุดควบคุมเกิดกระบวนการสุกทำให้เซลล์เกิดการอ่อนตัวลง การเกิดโรคที่ขั้วผล พบว่าขั้วผลกล้วยมีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา โดยการรมด้วยน้ำมันหอมระเหยทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มช่วยชะลอการเกิดโรคขั้วผลได้ โดยชุดควบคุมมีอัตราการเกิดโรคที่ขั้วผลสูงกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีอัตราการเกิดโรคที่ขั้วผล 5 คะแนน เมื่อเทียบกับ การรมด้วยน้ำมันหอมระเหย โทมาร์ ที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm และ กานพลู ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น มีคะแนนการเกิดโรคที่ขั้วผลอยู่ระหว่าง 3–4.5 คะแนน (Fig. 1B) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิกุล (2559) ได้รายงานว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย และการงอกของสปอร์เชื้อรา *Fusarium* sp. ได้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจะทำปฏิกิริยาต่อเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีนภายในเซลล์ ส่งผลให้การเจริญและการงอกของสปอร์ช้าลง ทำให้เชื้อราตายได้ (Di Pasque et al., 2007) การสุกของผลกล้วย พบว่าผลกล้วยที่รมน้ำมันหอมระเหย โทมาร์ ตะไคร้หอม และกานพลู ทุกระดับความเข้มข้น สามารถชะลอการสุกได้ มีการสุกช้ากว่าผลกล้วยชุดควบคุม โดยผลกล้วยชุดควบคุมมีการสุกตั้งแต่วันที่ 8 ของการเก็บรักษา (Fig. 1) และผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย โทมาร์ ความเข้มข้น 2,000 ppm ตะไคร้หอม ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm พบว่าผลสุกในวันที่ 10–12 แต่ผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยในกรรมวิธีอื่นๆ ยังไม่เกิดการสุกในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 12 วัน (Fig. 1C และ 1D) ความแน่นเนื้อ พบว่าผลกล้วยในทุกกรรมวิธีมีค่าความแน่นเนื้อลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน พบว่าผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย โทมาร์ ระดับความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm น้ำมันหอมระเหย ตะไคร้หอม และกานพลู ทุกระดับความเข้มข้นช่วยชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อ โดยมีความแน่นเนื้ออยู่ระหว่าง 2.52–3.29 นิวตันซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลกล้วยในชุดควบคุมที่มีค่าความแน่นเนื้อน้อยสุด 0.21 นิวตัน (Table 1) แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยช่วยชะลอการสุกทำให้มีความแน่นเนื้อลดลงน้อยกว่าชุดควบคุม โดยการสุกของผลไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส เกิดการนิ่มลงของเนื้อเยื่อ (softening) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์และชั้นมิดเดิลลามেলা (middle lamella) เช่น สารประกอบพวกเพกทิน (pectin) (จริงแท้, 2546) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ พบว่าผลกล้วยในทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เป็นลักษณะทั่วไปที่พบได้ในช่วงการสุกของกล้วย โดยเป็นผลมาจากการที่แป้งเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Fernando et al., 2014) โดยผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหย โทมาร์ ตะไคร้หอม และกานพลูทุก

ระดับความเข้มข้นมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำน้อยกว่าชุดควบคุม โดยมีค่าในช่วง 0.43–2.90%Brix ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลกล้วยในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงสุด 4.77%Brix (Table 1) การเปลี่ยนแปลงสีผิวด้านนอกของกล้วย ได้แก่ ค่า L^* ซึ่งเป็นค่าความสว่าง, a^* เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีแดง และ b^* เป็นการเปลี่ยนแปลงจากสีน้ำเงินเป็นสีเหลือง พบว่าในวันที่ 12 ของการเก็บรักษากล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยทุกกรรมวิธีมีค่า L^* , a^* และ b^* มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลกล้วยในชุดควบคุม โดยมีค่า $L^* = 58.46$ – 64.72 , $a^* = -9.64$ – -2.66 และ $b^* = 34.28$ – 44.71 ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่า $L^* = 70.00$, $a^* = 6.13$ และ $b^* = 49.22$ (Table 1) โดยที่หากค่า L^* (ความสว่าง) มีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าตัวอย่างมี สีสว่างมาก, ค่า a^* ที่เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว และค่า b^* ที่เป็นบวกมากแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลกล้วยชุดควบคุมมี L^* และ b^* เพิ่มขึ้นแสดงว่ามีสีสว่างมากและมีสีเหลืองเนื่องจากผลกล้วยเกิดการสุก ซึ่งเมื่อกล้วยเข้าสู่กระบวนการสุกก็จะเกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยในเนื้อเยื่อสีเขียวทั่วไปจะมีแคโรทีนอยด์ปะปนอยู่ แต่สีของแคโรทีนอยด์จะถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บังไว้ เมื่อคลอโรฟิลล์สลายไปสีของแคโรทีนอยด์จะปรากฏเด่นชัด (จริงแท้, 2544; วาริช และคณะ, 2557) อายุการเก็บรักษา พบว่าผลกล้วยชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษา น้อยที่สุด 8 วัน ในขณะที่ผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยทุกกรรมวิธีมีอายุเก็บรักษามากกว่า 10 วัน โดยเฉพาะผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยโทมความเข้มข้น 500, 1,000 ppm น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม ความเข้มข้น 2,000 ppm และกานพลูทุกระดับความเข้มข้น สามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 12 วัน (Table 1)

Table 1 Quality of Cavendish banana fumigated with thyme, citronella and clove at 0,500,100 200 ppm for 8 hours then stored at $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 2\% \text{RH}$ for 12 days

Treatment	Firmness	TSS	L^*	a^*	b^*	Shelf life	
EO	(N)	(%Brix)				(days)	
Control	0	0.21±0.02 ^e	4.77±0.06 ^a	70.00±0.61 ^a	6.13±1.76 ^a	49.22±1.77 ^a	8
Thyme	500	3.29±0.11 ^a	1.27±0.06 ^c	64.72±3.65 ^b	-2.28±1.71 ^c	34.28±0.73 ^e	≥12
	1000	3.05±0.10 ^{ab}	0.77±0.00 ^d	64.66±0.61 ^b	-9.34±2.26 ^{de}	40.51±1.51 ^c	≥12
	2000	0.39±0.07 ^e	2.90±0.10 ^b	67.99±0.84 ^a	-0.59±0.82 ^b	40.12±0.06 ^{cd}	12
Citronella	500	3.19±0.18 ^a	0.70±0.06 ^d	57.99±1.72 ^c	-5.74±1.24 ^d	39.04±1.65 ^{cd}	11
	1000	2.49±0.14 ^d	0.57±0.06 ^e	58.46±0.60 ^c	2.66±0.66 ^b	44.71±0.43 ^b	10
	2000	2.66±0.20 ^{cd}	1.33±0.06 ^c	62.56±0.13 ^b	-8.64±0.56 ^{de}	38.60±0.01 ^{cd}	≥12
Clove	500	2.84±0.10 ^{bc}	0.67±0.06 ^d	64.78±1.37 ^b	-6.86±0.12 ^d	39.73±0.09 ^{cd}	≥12
	1000	2.57±0.12 ^{cd}	0.43±0.00 ^f	58.12±0.88 ^c	-6.81±0.88 ^d	39.60±0.07 ^{cd}	≥12
	2000	2.52±0.21 ^d	0.50±0.06 ^{ef}	59.13±0.48 ^c	-9.64±0.18 ^e	38.26±0.43 ^d	≥12
F-Test		*	*	*	*	*	-
CV %		7.28	4.153	2.81	28.52	2.88	-

*Data is mean of three replicates ± standard error of mean. Means labelled with different letters in same column are significantly different ($p < 0.05$ by DMRT).

** Quality of banana before fumigated : firmness = 3.11 N, TSS = 0.27%Brix, $L^* = 55.69$, $a^* = -18.50$, and $b^* = 37.80$

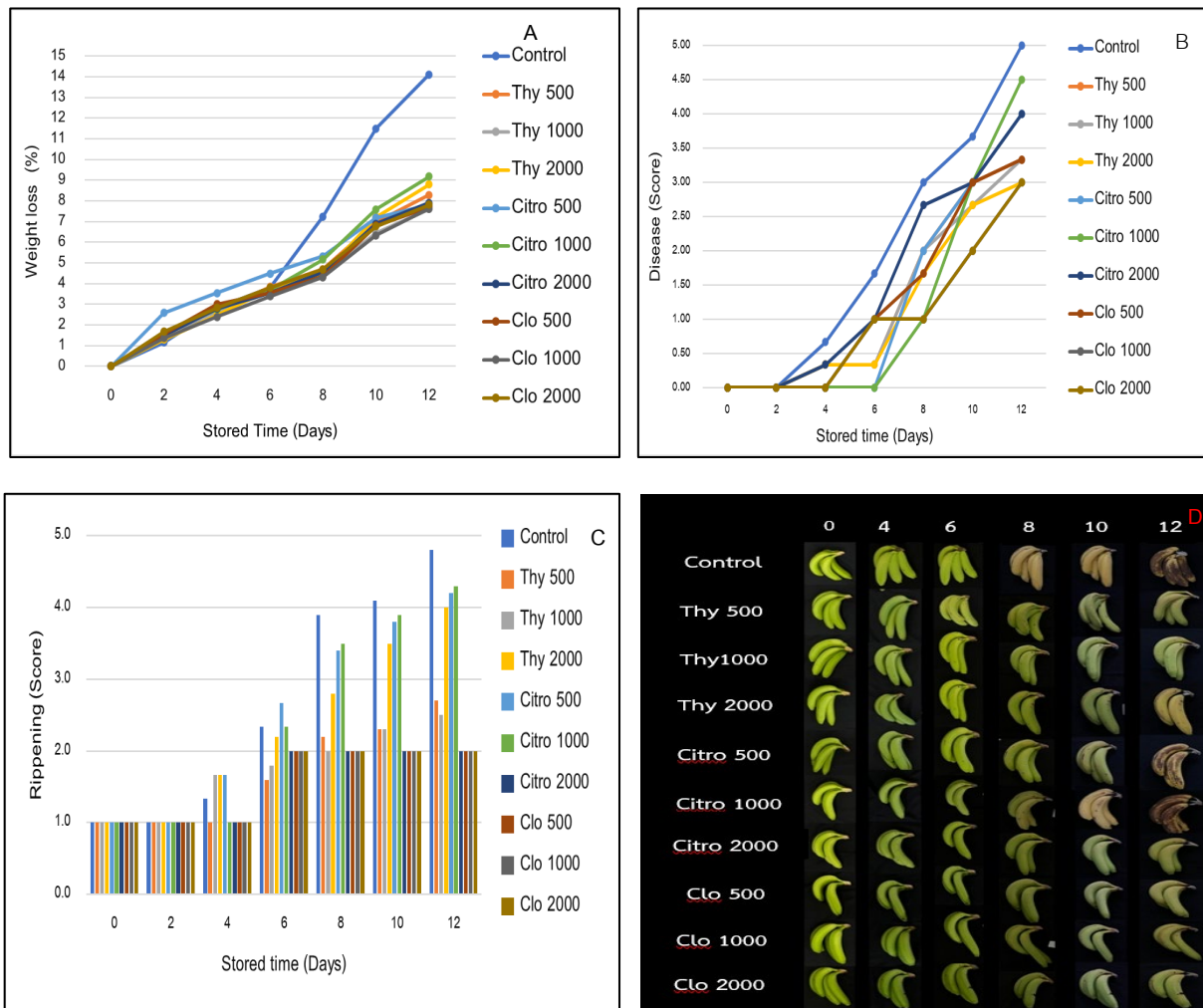


Fig. 1 Weight loss (A), Disease (B), ripening score (C,D) of Cavendish banana fumigated with thyme citronella and clove at 0,500,1,000 2,000 ppm for 8 hours then stored at $25\pm 2^\circ\text{C}$, $65\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days

สรุป

ผลกล้วยที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยไทม์ ตะไคร้หอม และกานพลูทุกระดับความเข้มข้น สามารถช่วยชะลอการสุกแก่ได้ โดยที่น้ำมันหอมระเหยไทม์ระดับความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm และกานพลูทุกระดับความเข้มข้นสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้มากกว่า 12 วัน รวมทั้งช่วยชะลอการเจริญของเส้นใยเชื้อราบนข้าวหวี ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมี ของผลกล้วยได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างไรก็ตามการทดสอบครั้งนี้เป็นเพียงการทดสอบเบื้องต้นในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) งบประมาณปี 2564 ขอขอบคุณสหกิจชุมชนบ้านช้าง ไทยแลนด์ และคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่สนับสนุน ผลผลิต สถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- กัลป์ยาภัสร์ ดำบัว, เกศินี แสงศรีจันทร์, จันทกานต์ กล้าหาญ, นพมาศ ชุมภูมี, หัตถยา คำจันทร์วงศ์, อัยลดา เดื่อนไธสง, ชีรนุช เจริญกิจ. 2563. ผลของ 1-Methycyclopropene ต่อการสุกของกล้วยน้ำว้า. วารสารผลิตภัณฑ์การเกษตร 2: 83–93.
- จรรย์แท้ ศิริพานิช. 2546. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เปรม ณ สงขลา. 2559. กลัวยหอมคาเวنديชในเมืองไทย. วารสารเคหการเกษตร 40: 66–67.
- พิกุล นุชนवलรัตน์. 2559. ผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดที่มีต่อโรคหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยไข่ที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* sp. วารสารวิจัยไร่ไพพรรณี 10: 79–88.
- วาริช ศรีละออง, กฤติกา ต้นประเสริฐ, ณัฐชัย พงประเสริฐ. 2557. ผลของการใช้กระดาษเคลือบสารดูดซับเอทิลีนและบรรจุภัณฑ์ปิดปล่อยเอทิลีนต่อคุณภาพกล้วยไข่ภายหลังการขนส่ง. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 42: 733–736.
- สมสุดา วรพันธุ์. 2560. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยร่วมกับแลคเกอร์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus tubingensis* และ *Penicillium steckii* ในผลิตภัณฑ์หัตถกรรมผักตบชวา (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.
- Cindi, M.D., Soudy, P., Romanazzi, G., Sivakumar, D. 2016. Different defence responses and brown rot control in two *Prunus persica* cultivars to essential oil vapours after storage. *Postharvest Biol. Technol.* 119: 9–17. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.007
- Di Pasque, R., Betts, G., Hoskins, N., Edwards, M., Ercolini, D., Maurello, G. 2007. Membrane toxicity of antimicrobial compounds from essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 55: 4863–4870.
- Jahani, M., Pira, M., Aminifard, M.H. 2020. Antifungal effects of essential oils against *Aspergillus niger* *in Vitro* and *in Vivo* on pomegranate (*Punica granatum*) fruits. *Sci. Hortic.* 264: 109188-109194.
- Mondal M., Khalequezzman, M. 2010. Toxicity of naturally occurring compounds of plant essential oil against *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Biol. Sci.* 10: 10–17.
- Tzortzakis, N.G. 2007. Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. *IFSET.* 8: 111–116.

การจัดทำแผนที่ดิจิทัลของดินที่มีผลกระทบจากเกลือในจังหวัดนครราชสีมาด้วยโมเดล

Random Forest

Digital mapping of salt-affected soils in Nakhon Ratchasima province by using Random Forest model

พรชัย อุปพันธ์พงษ์ชัย*, มณีรัตน์ แจ่มประจักษ์, พชร อริยะสกุล, ดนัย แสนจันทอง, นฤมล จันทร์จิราวุฒิกุล
Pornchai Uppapanpongchai*, Maneerat Jangprajuk, Potchara Ariyasakul, Danai Saenchanthong,
Naruekamon Janjirawuttikul

กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ 10900

Soil Resources Survey and Research Division, Land Development Department, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: pornchaiup@ldd.go.th

บทคัดย่อ

ดินที่มีผลกระทบจากเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินที่เป็นปัญหาหลักสำหรับการปลูกข้าวหอมมะลิ การจัดทำแผนที่ดินที่มีความแม่นยำจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการแก้ปัญหา จึงทำการนำข้อมูลผลวิเคราะห์สภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ของดินบน (0-30 ซม.) ในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 212 บริเวณ มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมอื่น ๆ โดยใช้แบบจำลอง Random Forest (RF) พบว่า ค่าวิเคราะห์ทั้งสองมีสหสัมพันธ์กับข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข ค่าดัชนีสเปกตรัมที่ได้จากภาพ Landsat 8 และ 9 ข้อมูลดินและคราบเกลือบนผิวดินอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยให้ค่า $R^2 = 0.98$ และ 0.99 ตามลำดับ ส่งผลให้สามารถทำนายค่าสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้อย่างแม่นยำ ผลการสร้างแบบจำลองยังนำไปสู่การทำแผนที่ดิจิทัลการแจกกระจายของดินที่มีผลกระทบจากเกลือของพื้นที่ศึกษาที่มีความแม่นยำสูง

คำสำคัญ: ดินที่มีผลกระทบจากเกลือ, แผนที่ดินดิจิทัล, ร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้, สภาพนำไฟฟ้า

Abstract

Salt-affected soils in the northeast are major problem soils for jasmine rice cultivation. Accurate soil mapping would be useful for alleviation of the problem. Electrical conductivity (EC_e) and exchangeable sodium percentage (ESP) analytical data of 212 topsoil (0-30 cm) samples collected from Nakhon Ratchasima province were used to correlate with environmental factors using Random Forest model (RF). These two analytical parameters were found to highly significantly correlate with digital elevation model, image bands from Landsat 8 and 9, soil and salt crust with $R^2 = 0.98$ and 0.99 , respectively. The result from using this model led to producing a digital map of salt-affected soils in the study area with high accuracy.

Keywords: Digital soil mapping, Electrical conductivity, Exchangeable sodium percentage, Salt-affected Soil

คำนำ

การจำแนกประเภทของดินที่มีผลกระทบจากเกลือได้รับการเสนอครั้งแรกโดย Richard (1954) โดยพิจารณาจากการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินอิ่มตัวด้วยน้ำกลั่น (EC_e) และร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) หรืออัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) ซึ่งเป็นที่ยอมรับและนำไปใช้เป็นเกณฑ์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถระบุสภาพปัญหาของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ ตามการศึกษานี้ ดินที่มีผลกระทบจากเกลือแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ดินเค็ม (saline soil) ดินเค็มโซดิก (saline-sodic) และดินโซดิก (sodic soil) (Table 1)

Table 1 Characteristics of salt-affected soils

Soil property	Unit/Symbol	Type of salt-affected soil		
		Saline	Saline-sodic	Sodic
Electrical conductivity	EC_e (dS m ⁻¹)	>4	>4	<4
Exchangeable sodium percentage	ESP	<15	>15	>15
Sodium adsorption ratio	SAR	<13	>13	>13

Source: Richard (1954)

แผนที่ดินจากการสำรวจดินแบบทั่วไปถูกสร้างขึ้นด้วยการกำหนดขอบเขตตามความเข้าใจในปัจจุบันจากการกำเนิดดิน ประกอบกับการใช้ประสบการณ์และการตัดสินใจของผู้สำรวจดิน แต่ตลอดหลายปีที่ผ่านมามีการพัฒนาของเทคโนโลยีของระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) เทคนิคการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) ความก้าวหน้าทางคอมพิวเตอร์ในระบบภูมิสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ทำให้การจัดทำแผนที่ดินดิจิทัล (Digital soil mapping) เป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพในการทำแผนที่สมบัติต่าง ๆ ของดินในรูปแบบเชิงพื้นที่ (McBratney et al., 2003) โดยแนวคิดหลักของการทำแผนที่ดินดิจิทัล คือใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์และทางสถิติระหว่างสมบัติต่าง ๆ ของดินกับค่าของตัวแปรต่างๆ ที่พร้อมใช้งาน (Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2016) มีตัวแปรทางด้านสิ่งแวดล้อมมากมายถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนายในการทำแผนที่ดินแบบดิจิทัล ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model) และข้อมูลสเปกตรัมที่ได้รับจากภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งให้ข้อมูลหลายช่วงคลื่น มีวงโคจรที่บันทึกภาพบริเวณเดิมทุก 16 วันทำให้มีข้อมูลสนับสนุนการดำเนินงานได้ตลอดปี สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่อง (Asgari et al., 2020) ซึ่งเทคนิคดังกล่าวได้รับการยืนยันว่าเป็นวิธีการที่สามารถสร้างแผนที่ดินที่มีความถูกต้อง มีความละเอียดสูง และใช้กันอย่างแพร่หลายในการคาดการณ์สมบัติต่างๆ ของดิน (Fatholouloumi et al., 2020)

การเรียนรู้ของเครื่อง หรือ Machine Learning (ML) เป็นศาสตร์อีกแขนงหนึ่งที่ใช้สร้างการเรียนรู้ให้กับเครื่องโดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติในการสร้างแบบจำลอง (model) จากข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อใช้ในการทำนายผลและตัดสินใจ (Predictive and making decision) ในสาขาวิทยาศาสตร์ทางดินมีการใช้ ML มากขึ้น โดยแบบจำลอง Random Forest (RF) เป็นการนำโมเดล Regression Tree หลาย ๆ ชุดมาใช้งานร่วมกัน ซึ่งมีหลักการการทำงานโดยใช้วิธีการแบบ Bagging คือ แบ่งข้อมูลตัวอย่างออกเป็นหลาย ๆ ชุดแล้วนำแต่ละชุดไปทำการฝึกด้วยโมเดล จากนั้นนำผลลัพธ์จากแต่ละโมเดลไปทำนายผลโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ย โดย RF เป็นหนึ่งในแบบจำลองที่มีการนำเอามาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น

การศึกษาเกี่ยวกับความเข้มข้นและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเขตร้อนโดยใช้เทคนิค RF พบว่าเป็นวิธีที่ทำนายปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ดีและมีความคลาดเคลื่อนต่ำ (Grimm et al., 2008)

ดินที่มีผลกระทบจากเกลือคือดินที่มีเกลือและ/หรือโซเดียมไอออนในปริมาณสูง เกลือจะกักเก็บน้ำไว้ในดินด้วยศักย์ออสโมซิสสูง ซึ่งจำกัดการแลกเปลี่ยนน้ำและสารอาหารกับรากพืช นอกจากนี้โซเดียมที่มีอยู่มากส่งผลให้โครงสร้างดินไม่แข็งแรง ถูกทำลายได้ง่าย ดินแน่นทึบ จำกัดการซาบซึมน้ำ การระบายน้ำและอากาศ ส่งเสริมให้เกิดการร่อนดินอย่างรุนแรง (Anusontpomperm et al., 2005; Chhabra, 2005) จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คุณภาพของดิน น้ำผิวดินและสิ่งเหล่านี้ส่งผลเสียต่อผลผลิตทางการเกษตร แต่ยังมีศักยภาพทางเศรษฐกิจได้หากได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม (Wicke et al., 2011) ที่ผ่านมารวมพัฒนาที่ดินมีการจัดทำแผนที่ดินที่มีผลกระทบจากเกลือและแผนที่การแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดินแต่ข้อมูลยังไม่เชื่อมโยงถึงสภาพปัญหาและความรุนแรงของความเค็มในดิน ซึ่งการจัดทำแผนที่สภาพนำไฟฟ้า (EC_e) ร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) และประเภทของดินที่มีผลกระทบจากเกลือ จะทำให้ทราบระดับความรุนแรงของปัญหาเฉพาะด้านของดินเหล่านี้ที่มีผลกระทบต่อดิน โดยเฉพะอย่างยิ่งข้าวหอมมะลิ ซึ่งการผลิตแผนที่ที่มีความถูกต้องและแม่นยำจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการกำหนดแนวทางหรือรูปแบบการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพืชอย่างยั่งยืน

การจัดทำแผนที่ในครั้งนี้ เป็นการประยุกต์วิธีการจากรูปแบบการจัดทำแผนที่ดินที่มีผลกระทบจากเกลือระดับโลก (Global soil salinity map) ของสมัชชาความร่วมมือทางดินแห่งเอเชีย (FAO, 2020) ซึ่งเป็นการใช้เทคนิค ML ทำแผนที่โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการทำแผนที่ดินที่มีผลกระทบจากเกลือในรูปแบบเรสเตอร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานสำรวจจำแนกดิน การติดตามและประเมินสถานภาพทรัพยากรดินที่มีผลกระทบจากเกลือ

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ทำการศึกษา

ทำการคัดเลือกพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพบเป็นพื้นที่ดินที่มีผลกระทบจากเกลือมากที่สุด (สมศักดิ์, 2548)

อุปกรณ์

- ข้อมูลผลวิเคราะห์ค่าสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ของดินบนที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จำนวน 212 บริเวณ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา
- ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model: DEM) ประกอบด้วย ค่าการตกกระทบของแสง (hill shade) ลักษณะความโค้งของผิวน้ำภูมิประเทศ (plan and profile curvature) ดัชนีความชื้นที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ (Topographic Wetness Index: TWI), ตำแหน่งความชันสัมพัทธ์ (Relative Slope Position: RSP), ระยะห่างทางน้ำ (Channel Network Distance: CND), ระดับฐานทางน้ำ (Channel Network Base Level: CNBL) และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากคำนวณจากสมการ (Gorji et al., 2019)
- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล, โปรแกรม R (R Programming) (R Core Team, 2022), ArcGIS, Saga และ Microsoft Office Excel

วิธีการ

1. การเตรียมข้อมูลและการนำเข้าข้อมูล โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลวิเคราะห์ดินของตัวอย่างดินในจังหวัดนครราชสีมา และรวบรวมข้อมูลโดยใช้แผนที่ดิน (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2562) แผนที่การแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดิน (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2560) แผนที่สภาพการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา (กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน, 2565) แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดนครราชสีมา (กรมทรัพยากรธรณี, 2559) ใช้แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM) ความละเอียด 90 เมตร นำมาวิเคราะห์พื้นผิวของภูมิประเทศ (Terrain analysis) ด้วยโปรแกรม SAGA (QGIS Development Team, 2022) เช่น ความลาดชัน (Slope) ดัชนีความชื้นที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ (Topographic Wetness Index: TWI) และอื่นๆ เช่นเดียวกับข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และ 9 (U.S. Geological Survey, 2022) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมด 6 Band ประกอบด้วย Band 2 (Blue), Band 3 (Green), Band 4 (Red), Band 5 (NIR), Band 6 (SWIR 1) และ Band 7 (SWIR 2) คำนวณค่าสะท้อนพื้นผิวจากสมการ (Gorji et al., 2019)

2. การสร้างแบบจำลอง โดยนำแบบจำลอง RF มาใช้เพื่อการทำนายค่าสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ โดยข้อมูลค่าวิเคราะห์สภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ ของ 212 หน้าตัดดิน ออกเป็นสองชุดประกอบด้วย 1) ชุดข้อมูลสำหรับการฝึก (Train data) 70% 2) ชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Test data) 30% ร่วมกับตัวแปรต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับค่าสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้วิธี Pearson correlation ที่มีค่า $r > 0.3$ ใช้หลักการสุ่มตัวอย่างแบบแทนที่ (Sampling with Replacement) เลือกสุ่มแบบ Leave-one-out cross validation เพื่อทำนายค่าสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ ในพื้นที่ศึกษาด้วยโปรแกรม R โดยความแม่นยำของแบบจำลองจะถูกประเมินอยู่บนพื้นฐานของความสามารถในการทำนายโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2), รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) ค่าคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) (Efron, 1992)

3. การสร้างแผนที่ดิจิทัลสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ คาดการณ์โดยใช้แบบจำลอง RF ที่สร้างขึ้นด้วยชุดข้อมูลสำหรับการฝึก คำนวณในแต่ละเซลล์กริดของภาพถ่ายดาวเทียมทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาและใช้ชุดทดสอบเพื่อการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล จากนั้นทำการสร้างแผนที่ความไม่แน่นอน (uncertainty map) จากชุดข้อมูลร่วมกับตัวแปรต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในโปรแกรม R และเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Efron, 1992)

4. สร้างแผนที่ดินที่มีผลกระทบจากเกลือซึ่งจำแนกประเภทตามเกณฑ์ของ Richard (1954) โดยการซ้อนทับแผนที่ดิจิทัลสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ด้วยโปรแกรม ArcGIS

5. ทำการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลจากแผนที่ดินดิจิทัลที่มีผลกระทบจากเกลือแบบราสเตอร์ จากแบบจำลอง RF

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายกับสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้

จากการศึกษาข้อมูลหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนาย (predicted variable) กับค่าวิเคราะห์สภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ พบว่าค่าสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับตัวแปรต่างๆ ได้แก่ 1) สภาพภูมิประเทศ ได้แก่ DEM, RSP, CND, และ CNBL 2) ค่าดัชนีสเปกตรัมที่ได้จากภาพ: SI6 และ VSSI 3) ข้อมูลดิน (soil) 4) ข้อมูลการแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดิน (salt crust) และ 5) การใช้ที่ดิน (land use) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mokarram et al. (2009) ที่กล่าวว่า ค่าสภาพการนำไฟฟ้าและ

ร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ จะลดลงเมื่อระดับพื้นที่สูงขึ้น (DEM และ RSP) และ Elnaggar and Noller (2009) รายงานว่า ค่าสภาพนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันทางสถิติกับภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ระบบ Thematic Mapper image Bands 1, 2, 3 และ 4 ที่กล่าวว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเกลืออย่างรุนแรงจะมีค่าการสะท้อนแสงสูงในภาพ

Table 2 Pearson correlations between predicted variables, EC_e , and ESP

Soil Property	Predictor variables									
	DEM	RSP	CNBL	CND	SI6	VSSI	Soil	Salt crust	Land use	Geology
EC_e	-0.43**	-0.25**	-0.42**	-0.26**	-0.26**	0.29**	0.40**	-0.26**	0.17**	0.04
ESP	-0.41**	-0.25**	-0.39**	-0.25**	-0.18**	0.16**	0.40**	-0.34**	0.01	0.05

** Correlation significant at 0.01 probability level: DEM = Digital Elevation Model; RSP = Relative Slope Position; CND = Channel Network Distance; CNBL = Channel Network Base Level; SI6 = Image bands from Landsat 8 and 9, VSSI = Vegetation Soil Salinity Index

แผนที่ดิจิทัลสภาพนำไฟฟ้า ร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้และดินที่มีผลกระทบจากเกลือ

ใช้ข้อมูลที่คำนวณโดยใช้แบบจำลอง RF ที่สร้างขึ้นจาก Training Dataset ร่วมกับตัวแปรทำนายที่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ($r > 0.3$) (Table 2) ในการสร้างแผนที่ดิจิทัลสภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ พบว่ามีค่า $R^2 = 0.98$ และ 0.99 ของแบบจำลอง RF ตามลำดับ โดยใช้หลักการสุ่มตัวอย่างแบบแทนที่ เลือกสุ่มแบบ Leave-one-out Cross Validation เพื่อสร้างแผนที่สภาพนำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ของชั้นดินบน (0–30 ซม.) พบว่า มีค่าสภาพนำไฟฟ้าที่คาดการณ์อยู่ในพิสัย $0.1\text{--}32\text{ dS m}^{-1}$ และร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ ที่คาดการณ์อยู่ในพิสัย $0.20\text{--}37.56$ (Fig. 1) การตรวจสอบความแม่นยำของแผนที่สภาพนำไฟฟ้า พบว่า มีค่า RMSE = 0.76, MAE = 0.55, $r^2 = 0.60$ ค่าความไม่แน่นอนของแผนที่ อยู่ในพิสัย $1.00\text{--}5.98$ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในพิสัย $0.00\text{--}1.85$ และแผนที่ร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ พบว่า มีค่า RMSE = 0.26, MAE = 0.19, $r^2 = 0.61$ ค่าความไม่แน่นอนของแผนที่ อยู่ในพิสัย $1.00\text{--}4.32$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในพิสัย $0.00\text{--}0.75$ (Fig. 1) ที่ระดับความเชื่อมั่นของแผนที่เท่ากับ 95 % โดยค่าความไม่แน่นอนของแผนที่ เป็นตัวบ่งชี้ข้อผิดพลาดที่อาจพบในชุดข้อมูล ซึ่งสามารถนำไปสู่ความลำเอียง (bias) ของผู้ประมาณค่าความไม่แน่นอนของแผนที่ที่สามารถประเมินได้ 2 แนวทาง 1) ปริมาณของจุดที่ไม่มั่นใจ และ 2) ความแปรปรวนระหว่างข้อมูลบริเวณใกล้เคียงกันที่มีค่าแตกต่างกัน (FAO, 2016)

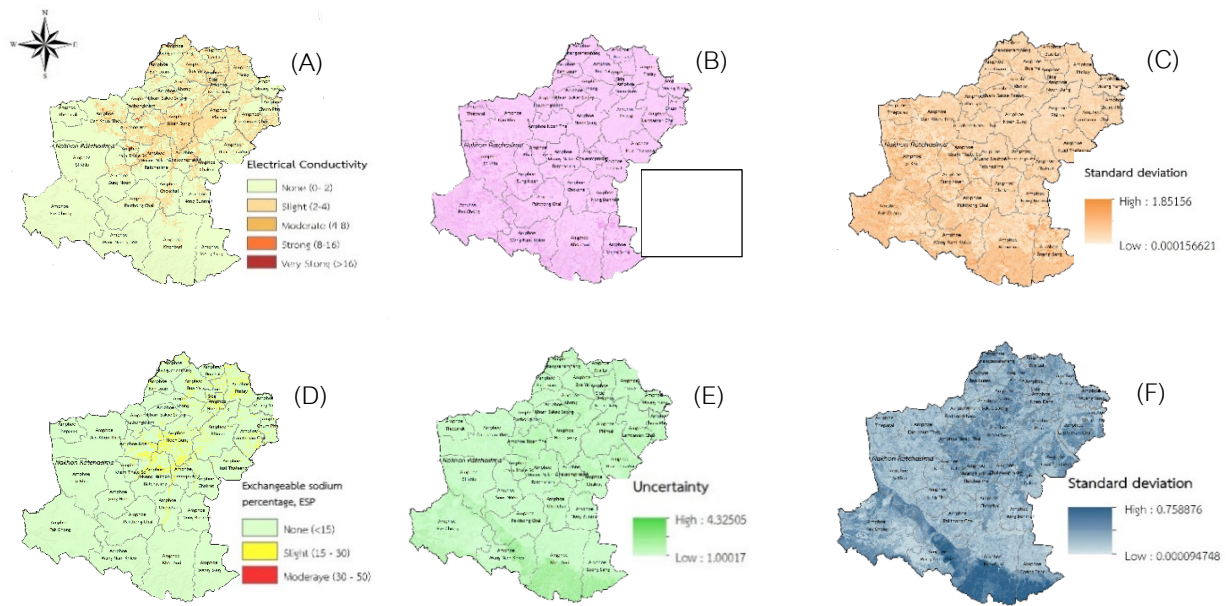


Fig. 1 Digital map of EC_e from RF model in study area (A), Uncertainty map in study area (B), Standard deviation map (C) and Digital map of ESP from RF model in study area (D), Uncertainty map in study area (E), Standard deviation map (F). Confidence intervals are 95%

เมื่อนำแผนที่สภาพน้ำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ซ้อนทับกันด้วยโปรแกรม ArcGIS จะได้แผนที่ดินที่มีผลกระทบจากเกลือซึ่งแบ่งประเภทตามเกณฑ์การจำแนกของ Richard (1954) (Fig. 2) และทำการคำนวณพื้นที่ประเภทของดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ พบว่า จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ดินที่ไม่มีผลกระทบจากเกลือ (non-salt-affected soil) 12,013,644 ไร่ ดินเค็ม (saline soil) มีเนื้อที่ 234,332 ไร่ ดินโซดิก (sodic soil) มีเนื้อที่ 501,392 ไร่ และดินเค็มโซดิก (saline sodic soil) มีเนื้อที่ 59,360 ไร่

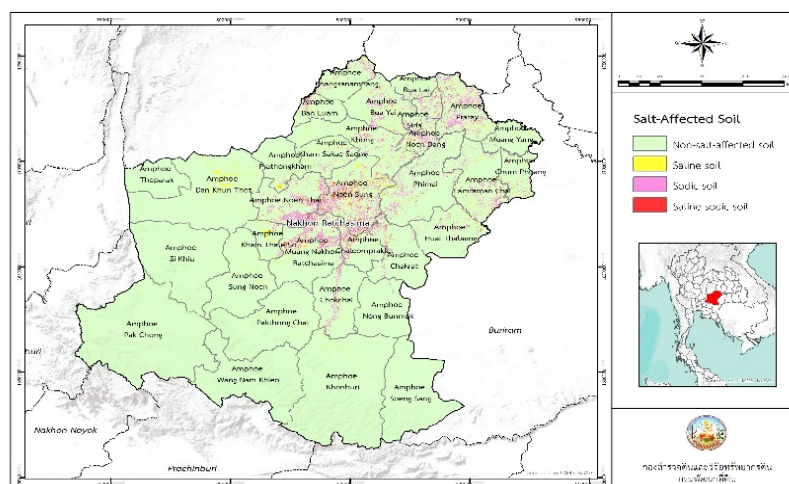


Fig. 2 Salt-affected soil map of Nakhon Ratchasima province

สรุป

ค่าวิเคราะห์สภาพน้ำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้มีความสัมพันธ์กับดัชนีสภาพภูมิประเทศที่ได้จาก DEM ประกอบด้วย RSP, CND และ CNBL และดัชนีสเปกตรัมที่ได้จากภาพ Landsat 8 และ 9 ซึ่งได้แก่ SI6 และ VSSI รวมถึงข้อมูลดินและลักษณะการแพร่กระจายของคราบเกลือที่ผิวดิน ทำให้การใช้แบบจำลองสามารถทำนายการแจกกระจายของค่าสภาพน้ำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ในดินบนของพื้นที่ศึกษาได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งดูจากค่าความแน่นอนของแผนที่ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่มีความแม่นยำในการทำนายน้อยควรมีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพน้ำไฟฟ้าและร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้เพิ่มเติมเพื่อการปรับปรุงความถูกต้องแม่นยำของแผนที่ ผลของการใช้แบบจำลองเพื่อหาความสัมพันธ์ข้างต้นยังช่วยให้สามารถทำแผนที่การแจกกระจายของดินที่มีผลกระทบจากเกลือในพื้นที่ศึกษาโดยจำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ ดินที่ไม่มีผลกระทบจากเกลือ ดินเค็ม ดินโซดิก และดินเค็มโซดิก ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการวางแผนการใช้ที่ดินตามสภาพปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและเป็นการใช้เทคนิคทางสถิติเพื่อประเมินสมบัติดิน เป็นทางเลือกในการใช้ข้อมูลเพื่อทำให้การติดตามดินที่มีผลกระทบจากเกลือ ทำได้รวดเร็วขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2559. แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดนครราชสีมา มาตราส่วน 1:250,000. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน. 2565. แผนที่สภาพการใช้ที่ดินของจังหวัดนครราชสีมา มาตราส่วน 1:25,000. กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2560. แผนที่การแพร่กระจายของคราบเกลือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กลุ่มมาตรฐานการสำรวจจำแนกดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2562. แผนที่ทรัพยากรดินของประเทศไทย ระดับชุดดิน มาตราส่วน 1:25,000 จังหวัดนครราชสีมา. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สมศักดิ์ สุขจันทร์. 2548. ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: การสำรวจและทำแผนที่จากคราบเกลือ. ส่วนมาตรฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดิน. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.
- Abrol, I.P., Yadav, J.S.P., Massoud, F.I. 1988. Salt-affected soils and their management. FAO Soils Bulletin 39, FAO, Rome.
- Anusontpornperm, S., Nortcliff, S., Kheoruenromne, I. 2005. Hardpan formation of some coarse-textured upland soils in Thailand. Paper Presented at Management of Tropical Sandy Soils from Sustainable Agriculture, 27 November – 2 December 2005.
- Asgari, N., Ayoubi, S., Dematte, J.A.M., Jafari, A., Safanelli, J.L., Silveira, A.F.D., Silveira, D. 2020. Digital mapping of soil drainage using remote sensing, DEM and soil color in a semiarid region of Central Iran. Geoderma. 22: e00302. doi.org/10.1016/j.geoder.2020.e00302
- Chhabra, R. 2005. Soil Salinity and Water Quality. A.A. Balkema Publishers, Old Post Road, Brookfield, USA.
- Efron, B. 1992. Jackknife-after-bootstrap standard errors and influence functions. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 83–127.
- Elnagar, A., Noller, J.S. 2009. Application of remote-sensing data and decision-tree analysis to mapping salt-affected soils over large areas. RES. 2: 151–165. doi.org/10.3390/rs2010151

- FAO. 2016. Map Accuracy Assessment and Area Estimation: A Practical Guide, National Forest Monitoring Assessment Working Paper No.46/E, Rome.
- FAO. 2020. Country guidelines and specifications for mapping salt-affected soils. Rome.
- Fatholouloumi, S., Vaezi, A.R., Alavipanah, S.K., Ghorbani, A., Saurette, D., Biswas, A. 2020. Improved digital soil mapping with multitemporal remotely sensed satellitedata fusion: A case study in Iran. *Sci. Total Environ.* 721: 1–14. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137703
- Gorji, T., Yildirim, A., Sertel, E., Tanik, A. 2019. Remote sensing approaches and mapping methods for monitoring soil salinity under different climate regimes. *IJEgeo.f* 6: 33–49. doi.org/10.30897/ijegeo.500452
- Grimm, R., Behrens, T., Märker, M., Eisenbeer, H. 2008. Soil organic carbon concentrations and stocks on Barro Colorado Island-Digital soil mapping using Random Forests analysis. *Geoderma. Reg.* 146: 102–113. doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.05.008
- McBratney, A.B., Mendonça-Santos, M.L, Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma. Reg.* 117: 3–52. doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00223-4
- Mokarram, M., Najafi-Ghiri, M., Negahban, S., Roshan, G. 2016. Relationship between landform and soil salinity in the surface and subface soils. *MESE.* 2: 1–11.
- QGIS Development Team. 2022. QGIS Geographic Information System. QGIS Association, Available. <https://www.qgis.org>.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. *Agriculture Handbook No. 60.* USDA, Washington.
- Taghizadeh-Mehrjardi, R., Nabiollahi, K., Kerry, R. 2016. Digital mapping of soil organic carbon at multiple depths using different data mining techniques in Baneh region. *Iran. Geoderma Reg.* 266: 98–110. doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.12.003
- U.S. Geological Survey. 2022, Mineral commodity summaries 2022. U.S. Geological Survey: 202 p. doi.org/10.3133/mcs2022
- Wicke, B., Smeets, E., Dornburg, V., Vashev, B., Gaiser, T., Turkenburg, W., Faaij, A. 2011. The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy Environ. Sci.* 4: 2669–2681. doi.org/10.1039/C1EE01029H

การประเมินประชากรมันสำปะหลังรุ่น F_1 ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์ห่านาทีและพันธุ์ C33 เพื่อศึกษาการกระจายตัวของเครื่องหมายดีเอ็นเอของตำแหน่ง *cmd2* และปริมาณไซยาไนด์ในหัว
Evaluation of F_1 population of cassava crosses between hanatee variety and C33 variety for segregation of DNA markers of *cmd2* locus and cyanogenic glucoside content in root

ญาณีศมนาน์ ชะเอมทอง^๑, ภัศจี คงศีล^{๑*}, เฉลิมพล ภูมิไชย์^๑, เอกพันธ์ ไกรจักร^๒, ปิยะ กิตติภาดากุล^๑
Yanischa Chaemthong^๑, Pasajee Kongsil^{๑*}, Chalernpol Phumichai^๑, Ekaphan Kraichak^๒, Piya Kittipadakul^๑

^๑ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^๒ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^๑Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^๒Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrpkj@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ประเมินการกระจายตัวของเครื่องหมายดีเอ็นเอของตำแหน่ง *cmd2* และปริมาณไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลังลูกผสมระหว่างพันธุ์ HNT และพันธุ์ C33 โดยนำลูกผสม F_1 ปลูกในแปลงทดสอบจากเมล็ดในสถาบันพัฒนามันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา และนำท่อนพันธุ์บางส่วนปลูกประเมินความรุนแรงโรคใบด่างมันสำปะหลังที่ อ.เสิงสาง จ.นครราชสีมา มันสำปะหลังที่มีตำแหน่งต้านทานโรคใบด่าง *cmd2* พบว่า ควบคุมด้วยยีน 2 ตำแหน่ง คือ ยีนหลัก และยีนรอง โดยอัลลีล G ไม่ต้านทานโรค อัลลีล T และ A ต้านทานโรค ซึ่งพบว่าตำแหน่ง *cmd2* นี้ไม่มีความสัมพันธ์กับความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังในประชากรลูกผสมนี้ สำหรับปริมาณไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลัง พบว่าปริมาณไซยาไนด์ของสองกลุ่มจีโนไทป์แบบ GG และ AG ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: เครื่องหมายดีเอ็นเอ, ไซยาไนด์, พันธุ์ C33, พันธุ์ห่านาที, โรคใบด่างมันสำปะหลัง

Abstract

Distribution of DNA markers related *cmd2* loci and cyanide were evaluated in the cassava F_1 population crossed between HNT and C33 grown in the seedling trial in Tapioca Development Institute, Nakhon Ratchasima Province. The severe cassava mosaic disease was scored in the high-disease pressure area in Soeng Sang District, Nakhon Ratchasima Province. The major gene and the minor gene for *cmd2* loci were with allele T and A, respectively were reported as CMD resistant allele and allele G of both loci were CMD susceptible allele. However, these markers were not accurate for this population. For cyanide content, the mean of cyanide content in different genotype GG and AG were not significantly different.

Keywords: C33 Variety, Cassava mosaic disease, Cyanide, DNA markers, HNT Variety

คำนำ

มันสำปะหลัง (cassava; *Manihot esculenta*) เป็นพืชที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในเขตร้อน ซึ่งเดิมปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหาร แต่ในปัจจุบันมันสำปะหลังส่วนมากในทวีปเอเชียปลูกสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแป้ง โดยประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก สำหรับมันสำปะหลังถึงจะเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ในพื้นที่แห้งแล้ง และไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเหมือนพืชอื่น ๆ แต่ก็มีศัตรูพืช และโรคต่าง ๆ เข้าทำลายสร้างความเสียหายได้ เช่น เพลี้ยแป้งสีชมพู แมลงหิวข้าว (Legg and Thresh, 2003) และโรคใบด่างมันสำปะหลังที่กำลังแพร่ระบาดอยู่ในปัจจุบัน ในปี พ.ศ. 2561 พบการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังในประเทศไทย ในเขตจังหวัดที่มีพื้นที่ติดต่อกับประเทศกัมพูชา (กรมวิชาการเกษตร, 2561) ก่อนจะแพร่ระบาดไปยังหลาย ๆ จังหวัดที่มีการปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งโรคใบด่างมันสำปะหลัง เกิดจากเชื้อไวรัส Sri Lankan cassava mosaic virus (SLCMV) อยู่ในจีนัส *Begomovirus* เชื้อไวรัสแพร่กระจายโดยการใช้น้ำที่ปนเปื้อนที่เป็นโรคและแมลงหิวข้าว (*Bemisia tabaci*) เป็นแมลงพาหะ (Bi et al., 2010) ซึ่งเป็นโรคที่สำคัญเนื่องจากสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (ปัญญาวุฒิ, 2559) ทำให้เกษตรกรไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ และต้องสูญเสียรายได้ ซึ่งสร้างความเสียหายอันใหญ่หลวงแก่เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง และเศรษฐกิจของประเทศ

ดังนั้น นอกจากการสำรวจและเฝ้าระวังโรคใบด่างมันสำปะหลังตามแนวทางป้องกันแล้วนั้น การปรับปรุงพันธุ์ให้พืชมีความต้านทานต่อโรคก็มีความสำคัญเช่นกัน จึงจำเป็นต้องศึกษาวิจัยนี้ เพื่อประเมินการกระจายตัวของเครื่องหมายดีเอ็นเอของตำแหน่ง *cmd2* เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่ได้รับการรายงานที่สามารถต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง และปริมาณไนยาไนต์ในหัวมันสำปะหลังลูกผสมระหว่างพันธุ์ห่านาที่ (HNT) และพันธุ์ C33 ซึ่งมันสำปะหลังพันธุ์ห่านาที่เป็นมันสำปะหลังพันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะความทนทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง อีกทั้งเป็นพันธุ์ที่นิยมนำมาบริโภคเนื่องจากมีปริมาณไนยาไนต์ในหัวต่ำ ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ C33 นั้นเป็นมันสำปะหลังที่นำเข้ามาจากสถาบันเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (International Center of Tropical Agriculture; CIAT) โดยโครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังภาควิชาพืชไร่ภาคนอกเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งพันธุ์ C33 นี้มีรายงานความต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง โดยการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ห่านาที่และ C33 นี้ คาดหวังว่าจะพบการกระจายตัวของเครื่องหมายดีเอ็นเอตำแหน่ง *cmd2* ในสายพันธุ์ที่มีปริมาณไนยาไนต์ต่ำ เพื่อให้ได้พันธุ์มันสำปะหลังสำหรับบริโภคที่ต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เพาะเมล็ดลูกผสม *F₁* ของปี 2563 และย้ายปลูกในแปลงทดสอบ

โดยใช้ทั้งเมล็ด cross และ reciprocal cross ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ห่านาที่ (HNT) และพันธุ์ C33

- 1) คู่ผสมระหว่าง HNT×C33 จำนวน 70 เมล็ด
- 2) คู่ผสมระหว่าง C33×HNT จำนวน 215 เมล็ด

จากโครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ต.หัวขบวน อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา นำเมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่ได้จากการผสมทั้งหมดเพาะเมล็ดลงในถุงพลาสติก วางไว้กลางแจ้งรดน้ำอย่างสม่ำเสมอทุกวัน ประมาณ 1–2 เดือน ต้นกล้าสูงประมาณ 30–50 เซนติเมตร จึงย้ายนำปลูกแปลงทดลองเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 เตรียมแปลงปลูกให้เหมาะสมกับจำนวนต้นกล้าที่จะย้ายมาปลูก โดยขุดหลุมปลูก แต่ละ

หลุมห่างกันที่ระยะ 2×1.5 เมตร นำต้นกล้าวางลงในหลุม และกลบดินหลังปลูก และปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ ดูแลรักษา และกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม

2. ประเมินลักษณะทางการเกษตร

- 1) น้ำหนักสดใบ ต้น เหง้า และหัว โดยชั่งเก็บเกี่ยวเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565
 - 2) ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest Index) โดยนำน้ำหนักหัวหารด้วยน้ำหนักของพืชทั้งต้น
 - 3) ประเมินระดับความรุนแรงของโรคใบด่างมันสำปะหลัง แบ่งเป็นระดับคะแนน 5 ระดับ ตามวิธีการของ (Terry, 1976) โดยประเมินในต้นที่มีลำต้นเพียงพอที่จะตัดไปปลูกที่ อ.เสิงสาง จ.นครราชสีมา ซึ่งมีการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังประเมินอาการของโรคเมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 5 เดือน เมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565
- ระดับความรุนแรง 1 ไม่ปรากฏอาการของโรค
- ระดับความรุนแรง 2 แผ่นใบมีจุดเหลือง ฐานใบบิดม้วน แต่ยังไม่ปรากฏส่วนที่เป็นสีเขียวอยู่
- ระดับความรุนแรง 3 1–3 ของแผ่นใบมีลักษณะต่าง ลดรูป ม้วนงอ
- ระดับความรุนแรง 4 ขนาดของแผ่นใบลดลง มีอาการต่างรุนแรง และแผ่นใบมีลักษณะม้วนงอ 2–3 แผ่นใบ
- ระดับความรุนแรง 5 แผ่นใบมีลักษณะต่างรุนแรง ม้วนงอ และลดรูป เสียรูปทรงอย่างรุนแรงทั้งแผ่นใบ

3. การหาปริมาณไฮโดรเจนไซยาไนด์

นำตัวอย่างหัวมันสดมาเจาะด้วย corkborer 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย phosphate buffer pH 8 แล้วใส่ picrate paper ลงไปเพื่อให้ดูดซับกรดไฮโดรไซยานิกที่เกิดขึ้น จากนั้นปิดฝาทันที แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16–24 ชั่วโมง จากนั้นเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของ picrate paper เทียบกับสีมาตรฐานที่บ่งบอกปริมาณไฮโดรไซยาไนด์ นำ picrate paper ไปแช่น้ำ 5 มิลลิลิตร นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อย้ายสีบน picrate paper แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ตามวิธีของ (Bradbury et al., 1999)

4. การคัดเลือกมันสำปะหลังที่มีตำแหน่งตำแหน่งต้านทานโรคใบด่าง (cmd2) และปริมาณไซยาไนด์ในหัวต่ำ

เก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลังแต่ละต้นเพื่อส่งตัวอย่างในการทำ genotyping ด้วยเครื่องมือดีเอ็นเอ KASP™ (Kompetitive Allele Specific PCR) สำหรับเครื่องหมายดีเอ็นเอ snpME0021 และ snpME0025 สำหรับลักษณะความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังตำแหน่ง cmd2 (Rabbi et al., 2022) และ snpME00406 สำหรับลักษณะปริมาณไซยาไนด์ต่ำ (Ogbonna et al., 2021)

5. การวิเคราะห์และแสดงข้อมูลทางสถิติ

ใช้โปรแกรม Statistical Tools for Agricultural Research (STAR 2.0.1) (IRRI) สำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย t-test และการแสดงข้อมูลด้วย boxplot

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากเมล็ดลูกผสมระหว่างพันธุ์ HNT×C33 จำนวน 70 เมล็ดและลูกผสมระหว่างพันธุ์ C33×HNT จำนวน 215 เมล็ดนั้น เมื่อนำมาเพาะและย้ายลงปลูกในแปลงทดสอบ seedling trial จำนวน 48 ต้น และ 193 ต้น ตามลำดับที่อยู่รอด

และเจริญเติบโตจนสามารถประเมินผลผลิตหัวสดได้ ในจำนวนนี้ต้นที่มีการแตกกอมาก ตัดลำต้นบางส่วนไปปลูกประเมินความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคสูง ใน Table 1 แสดงหมายเลขต้นที่แสดงอาการโรคใบด่างมันสำปะหลังตั้งแต่ระดับคะแนน 2-3 ซึ่งระดับคะแนน 1 จะไม่แสดงอาการของโรคใบด่าง ระดับคะแนน 2 จะแสดงอาการของโรคใบด่างแต่ในระดับที่น้อยกว่าระดับคะแนน 3 และยังไม่ปรากฏอาการในระดับที่ 4-5 ของประชากรมันสำปะหลังที่ประเมินในแปลงที่มีโรค เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำในการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดสั้นเพื่อคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เชื่อมโยงกับตำแหน่ง *cmd2* (Rabbi et al., 2022) สำหรับเครื่องหมายดีเอ็นเอ snpME00021 ซึ่งเชื่อมโยงกับตำแหน่งยีนหลักในการต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง ในขณะที่เครื่องหมายดีเอ็นเอ snpME00025 จะเชื่อมโยงกับตำแหน่งยีนรองในการต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาลักษณะจีโนไทป์ของประชากรมันสำปะหลังที่แสดงอาการของโรคใบด่างมันสำปะหลัง พบว่าสายพันธุ์ที่แสดงอาการของโรคใบด่างมันสำปะหลังจะมีอัลลีล G ซึ่งเป็นอัลลีลที่ไม่ต้านทานโรค CMD ในตำแหน่ง snpME00021 อย่างน้อย 1 อัลลีล แสดงว่าอัลลีล T ที่ปรากฏในสายพันธุ์เหล่านี้ไม่ได้เป็นอัลลีลที่มาจากพันธุ์ C33 แต่มาจากพันธุ์ HNT และเนื่องจากอัลลีล T นั้นไม่ได้อยู่บนยีนต้านทาน CMD โดยตรง แต่อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับยีนต้านทาน CMD ดังนั้น ในพันธุ์ HNT ถึงแม้จะมีอัลลีล T แต่ก็ไม่มียีนต้านทาน CMD อยู่ใกล้เคียง สรุปได้ว่า หากใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ *cmd2* ในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานที่พันธุ์พ่อแม่มีอัลลีล T หรือ A เหมือนกับพันธุ์ C33 แต่ไม่ต้านทาน CMD จะไม่สามารถคัดเลือกลักษณะต้านทาน CMD ได้โดยดูจากจีโนไทป์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากอัลลีล T และ A จากพันธุ์ที่ไม่ต้านทานนั้น ไม่เชื่อมโยงกับยีนต้านทานและสำหรับตำแหน่ง snpME00025 ซึ่งเป็นยีนรองนั้น ถึงแม้จะมีจีโนไทป์แบบ AA แสดงว่าได้รับอัลลีล A ทั้งจากพันธุ์ C33 และพันธุ์ HNT แต่ก็ยังแสดงอาการของโรค ดังนั้น สรุปได้ว่าแม้จะมียีนต้านทานที่เป็นยีนรอง ก็ไม่สามารถต้านทานโรคใบด่างได้ ต้องมียีนหลักร่วมด้วย

Table 1 Example of genotypes of cassava lines and parental varieties, C33 and HNT, for *cmd2* loci with CMD resistance score evaluated in the high disease pressure field

Line/ variety	Cross	snpME00021 marker	snpME00025 marker	Average CMD resistance score
9-16	C33×HNT	T:G	A:G	2.5
11-11	C33×HNT	G:G	A:G	2
11-20	C33×HNT	T:G	A:A	3
12-23	HNT×C33	G:G	G:G	3
C33		T:G	A:G	1
HNT		T:G	A:G	1

จาก Table 1 บางสายพันธุ์ถูกผสมที่มีจีโนไทป์แบบ GG ทั้งสองตำแหน่งยีนต้านทานทั้งยีนหลักและยีนรอง (ในช่องสี่เหลี่ยม) แต่ยังไม่ปรากฏอาการของโรคใบด่างมันสำปะหลังเป็นไปได้อย่างไร ยังมียีนตำแหน่งอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับทั้งสองตำแหน่งนี้ที่ควบคุมลักษณะต้านทานหรือทนทานโรคใบด่างมันสำปะหลังในสายพันธุ์ดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีบางสายพันธุ์ที่มีจีโนไทป์ TT ในตำแหน่ง snpME00021 และ AA ในตำแหน่ง snpME00025 (ในช่องสี่เหลี่ยม) แสดงว่าได้รับอัลลีล T และ A จากพันธุ์ C33 แน่ชอน ดังนั้น ความต้านทานต่อโรคใบด่างที่เกิดขึ้นอาจมาจากยีนดังกล่าวโดยตรง จากความ

แตกต่างทางจีโนไทป์นี้ทำให้มีความน่าสนใจในการประเมินระดับความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังของพันธุ์เหล่านี้ต่อไป เพื่อค้นหาพันธ์ที่ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังเพิ่มเติมจากตำแหน่ง *cmd2* ที่ได้มีรายงานในพันธุ์ C33

Table 2 Example of genotypes of cassava lines with CMD resistance score 1 evaluated in the high disease pressure field

Line	Cross	snpME00021 marker	snpME00025 marker
8-20	C33×HNT	T:G	G:G
8-22	C33×HNT	G:G	G:G
8-30	C33×HNT	T:G	A:G
8-39	C33×HNT	T:G	A:A
8-42	C33×HNT	G:G	A:G
9-23	C33×HNT	T:T	A:A
11-12	C33×HNT	T:T	A:G

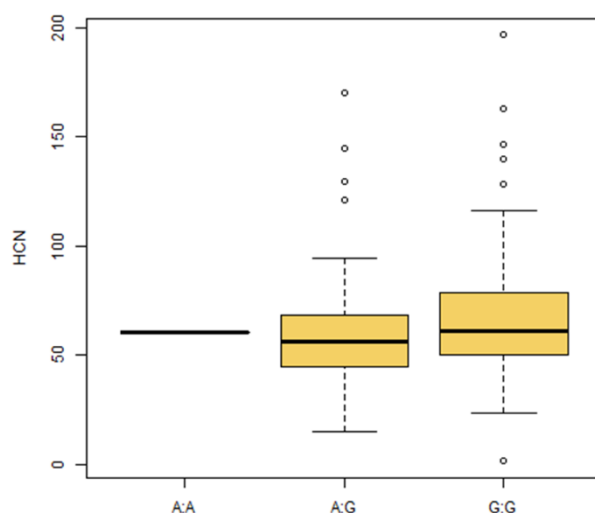


Fig. 1 Distribution of cyanide content in root of cassava lines (in unit of parts per million of fresh root weight; ppm) in the different genotypes of snpME00406 marker which is the marker for low cyanide content

จาก Fig. 1 ซึ่งแสดงจีโนไทป์ของเครื่องหมายดีเอ็นเอ snpME00406 (Ogbonna et al., 2021) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์ในหัวต๋า โดยมีอัลลีล G ซึ่งเชื่อมโยงกับลักษณะไซยาไนด์ต่ำ และอัลลีล A ที่เชื่อมโยงกับลักษณะไซยาไนด์สูง อย่างไรก็ตามเนื่องจากเครื่องหมายดีเอ็นเอนี้ได้จากการศึกษา Genome wide association จากเชื้อพันธุ์กรรมมันสำปะหลังที่รวบรวมใน Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA) ซึ่งอาจจะไม่มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับพันธุ์ C33 และ HNT ส่งผลให้เครื่องหมายดีเอ็นเอนี้ไม่สัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์ในหัวของประชากรคู่ผสมระหว่าง C33 และ HNT ในการทดลองนี้ กล่าวคือจีโนไทป์มันสำปะหลังที่มีจีโนไทป์แบบ GG ควรจะมีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่าจีโนไทป์แบบ AG แต่ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ T-test พบว่าปริมาณไซยาไนด์ของสอง

กลุ่มจีโนไทป์นี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีลูกผสมจำนวนเพียง 1 ต้นที่มีจีโนไทป์แบบ AA ซึ่งไม่ใช่ลูกผสมที่ถูกต้องสำหรับคู่ผสม C33×HNT เพราะพันธุ์ HNT มีจีโนไทป์แบบ GG และ C33 มีจีโนไทป์แบบ AG ดังนั้น มีความเป็นไปได้ว่าลูกผสมต้นนี้เป็นลูกผสมที่ได้จากการผสมเปิดก่อนจะมีการนำเกสรพันธุ์ HNT มาผสมเกสร

จาก Table 3 ถึงแม้ว่าประชากร HNT×C33 จะมีจำนวนที่น้อยกว่าประชากร C33×HNT เกือบ 4 เท่า แต่จากการคัดเลือกต้นมันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตหัวสดที่สูงและมีความต้านทานต่อโรคใบด่างดังแสดงใน Table 4 พบว่าจากจำนวนต้นมันสำปะหลัง 10 ต้น มีจำนวน 6 ต้นที่ได้รับการคัดเลือกจากคู่ผสมระหว่าง C33×HNT และจำนวน 4 ต้นที่ได้รับการคัดเลือกจากคู่ผสมระหว่าง HNT×C33 ซึ่งมีสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ประชากรคู่ผสมระหว่าง HNT×C33 จึงมีแนวโน้มที่จะให้พันธุ์กรรมที่ดีต่อผลผลิตมากกว่าประชากร C33×HNT แต่อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของผลผลิตหัวสด ค่าเฉลี่ยของดัชนีเก็บเกี่ยว และค่าเฉลี่ยของปริมาณไซยาไนด์ในหัวระหว่างสองประชากรนี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิตหัวสด และค่าเฉลี่ยของดัชนีเก็บเกี่ยว ของทั้งสองประชากรนี้จะต่ำกว่าพันธุ์พ่อแม่ (Table 4) แต่หากพิจารณาเป็นรายต้น เนื่องจากลูกผสมแต่ละต้นมีพันธุ์กรรมที่แตกต่างกันและแต่ละต้นก็สามารถขยายพันธุ์ด้วยลำต้นที่ให้พันธุ์กรรมที่เหมือนเดิมได้ พบว่า ทั้งสองประชากรมีศักยภาพในการได้พันธุ์กรรมที่ดีเหนือพ่อแม่สำหรับน้ำนักหัวสดและดัชนีเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกันกับปริมาณไซยาไนด์ในหัว และสำหรับค่าเฉลี่ยของปริมาณไซยาไนด์ในหัวของทั้งสองประชากรที่แม้จะสูงกว่า 50 ppm ซึ่งเป็นเกณฑ์ปริมาณไซยาไนด์สำหรับมันสำปะหลังที่มีไซยาไนด์ต่ำ (Nambisan, 2011) แต่ก็มีลูกผสมจำนวนหนึ่งที่ทำให้ปริมาณไซยาไนด์ในหัวที่ต่ำกว่า 50 ppm

Table 3 The maximum, minimum and average values of fresh root yield, harvest index and cyanide content in root of C33×HNT and HNT×C33 cassava population

Cross	Number of lines in the cross	Fresh root yield range (Kg plant ⁻¹)	Average fresh root yield (Kg plant ⁻¹)	Harvest index range	Average harvest index	HCN content range	Average HCN content
C33×HNT	193	0.1–6.2	1.28±1.09	0.10-0.83	0.43±0.14	1.55–196.51	65.75±29.04
HNT×C33	48	0.2–6.0	1.78±1.52	0.15-0.67	0.42±0.14	15.79–120.78	57.83±22.58

Table 4 The profile of HCN content and CMD resistance score of selected cassava lines according to high fresh root yield

Line/ variety	Cross	Fresh root yield (Kg plant ⁻¹)	Harvest index	HCN content (ppm)	CMD resistant score
9–9	C33×HNT	6.20	0.50	94.39	1
12–30	HNT×C33	6.00	0.50	89.38	1
12–38	HNT×C33	5.60	0.53	49.79	1
11–26	C33×HNT	5.20	0.47	67.88	1
9–13	C33×HNT	5.00	0.56	196.51	1
10–25	C33×HNT	4.60	0.55	46.16	1
11–14	C33×HNT	4.60	0.46	55.66	1
12–25	HNT×C33	4.40	0.33	52.21	1

Line/ variety	Cross	Fresh root yield (Kg plant ⁻¹)	Harvest index	HCN content (ppm)	CMD resistant score
11-24	C33×HNT	4.00	0.49	63.73	1
12-36	HNT×C33	4.00	0.53	77.27	1
C33		3.90	0.54	65.81	1
HNT		4.05	0.65	41.14	1
HB90		7.60	0.66	149.31	3

สรุป

การกระจายตัวของเครื่องหมายดีเอ็นเอของตำแหน่ง *cmd2* ในการต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง (CMD) เครื่องหมายดีเอ็นเอ *snpME00021* เชื่อมโยงกับตำแหน่งยืนหลัก และเครื่องหมายดีเอ็นเอ *snpME00025* จะเชื่อมโยงกับตำแหน่งยืนรอง โดยจีโนมไทป์ของประชากรมันสำปะหลังที่มีอัลลีล G อยู่บนตำแหน่งยืนหลัก จะไม่สามารถต้านทานโรค CMD เนื่องจากเป็นอัลลีลที่ไม่ต้านทานโรค หากมีอัลลีล T หรือ A อยู่บนตำแหน่งยืนหลัก ต้องพิจารณาด้วยว่าอัลลีลนั้นมาจากพันธุ์ C33 หรือพันธุ์ HNT หากมาจากพันธุ์ HNT จะไม่สามารถต้านทานโรคได้ เนื่องจากไม่ได้อยู่บนยืนต้านทาน CMD แต่หากมาจากพันธุ์ C33 จะสามารถต้านทานโรคได้ ทั้งนี้ หากยืนต้านทานโรคอยู่บนยืนรองเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถต้านทานโรคได้ จำเป็นต้องมียืนต้านทานโรคอยู่บนยืนหลักด้วย ปริมาณไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลังมีอัลลีล G เชื่อมโยงกับลักษณะไซยาไนด์ต่ำ และอัลลีล A เชื่อมโยงกับลักษณะไซยาไนด์สูง แต่จากการทดลองเครื่องหมายดีเอ็นเอนี้ไม่สัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์ในหัวของประชากรคู่ผสมระหว่างพันธุ์ C33 และพันธุ์ HNT เนื่องจากจีโนมไทป์มันสำปะหลังแบบ GG ซึ่งควรมีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่าจีโนมไทป์แบบ AG แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ T-test พบว่าปริมาณไซยาไนด์ของสองกลุ่มจีโนมไทป์นี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนห้องปฏิบัติการสำหรับการทำวิจัยและมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัยและพื้นที่แปลงทดสอบสำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2561. คู่มือการสำรวจและเฝ้าระวังโรคใบด่างของมันสำปะหลัง, พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

ปัญญาวุฒิ อัมพูนรินทร์. 2559. ไวรัสใบด่างมันสำปะหลังในประเทศไทย และการคัดเลือก Aptamers ที่จำเพาะเพื่อการตรวจสอบโรค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bi, H., Aileni, M., Zhang, P. 2010. Evaluation of cassava varieties for cassava mosaic disease resistance jointly by agro-inoculation screening and molecular markers. African Journal of Plant Science 4: 330-338.

Bradbury, M.G., Egan, S.V., Bradbury, J.H. 1999. Picrate paper kits for determination of total cyanogens in cassava roots and all forms of cyanogens in cassava products. J. Sci. Food Agric. 79: 593-601.

- Legg, J.P., Thresh, J.M. 2003. Cassava virus diseases in Africa. In: Proceedings of a conference on Plant Virology in Sub Saharan Africa. Ibadan, Nigeria, pp. 517–552.
- Nambisan, B. 2011. Strategies for elimination of cyanogens from cassava for reducing toxicity and improving food safety. FCT. 49: 690–693. doi.org/10.1016/j.fct.2010.10.035
- Ogbonna, A.C., Andrade, L.R.B., Rabbi, I.Y., Mueller, L.A., Oliveira, E.J., Bauchet, G.J. 2021. Large-scale genome-wide association study, using historical data, identifies conserved genetic architecture of cyanogenic glucoside content in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root. Plant J. 105: 754–770. doi: 10.1111/tpj.15071
- Rabbi, I.Y., Kayondo, S.I., Bauchet, G., Yusuf, M., Aghogho, C.I., Ogunpaimo, K., Uwugiaren, R. Smith, I.A., Peteti, P., Agbona, A., Parkes, E., Lydia, E., Wolfe, M., Jannink, J.L., Egesi, C., Kulakow, P. 2022. Genome-wide association analysis reveals new insights into the genetic architecture of defensive, agro-morphological and quality-related traits in cassava. Plant Mol. Biol. Rep. 109: 195–213. doi.org/10.1007/s11103-020-01038-3
- Terry, E.R. 1976. Description and evaluation of cassava mosaic disease in Africa. In: The International Exchange and Testing of Cassava Germ Plasm in Africa: proceedings of an interdisciplinary workshop. Ottawa, Canada, pp. 53–54.

การประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 ที่พัฒนาจากข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC2(HI)C4 โดยผสมกับสายพันธุ์แม่ของลูกผสมพันธุ์อินทรี 2

Evaluation of S₂ lines of KSC2(HI)C4 sweet corn population by testcrossing with the female parental inbred of Insee 2 hybrid

พิมพ์ชนก ชาลิกุล^{a,*}, โชคชัย เอกทัศนาวรรณ^b, ธีรวัฒน์ ศรีตโยภาส^a

Pimchanok Chaleekul^{a,*}, Chokechai Aekatasanawan^b, Teerawat Sarutayophat^a

^aภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

^bศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30320

^aDepartment of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology, Bangkok 10520, Thailand

^bNational Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30320, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: 62604013@kmailt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 (S₂) จากประชากรข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC2(HI)C4 โดยผสมกับตัวทดสอบสายพันธุ์แม่ของพันธุ์อินทรี 2 คัดเลือกสายพันธุ์ S₂ ที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี จำนวน 241 สายพันธุ์ผสมกับสายพันธุ์แม่ SSW114 แล้วนำลูกผสมที่คัดเลือก 165 คู่ผสม ปลูกทดสอบผลผลิตร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ 4 พันธุ์ (พันธุ์อินทรี 2, อินทรี 3, อินทรี 4 และไฮบริกซ์ 59) วางแผนการทดลองแบบ 13×13 Simple lattice จำนวน 2 ซ้ำ ที่ไร่สุวรรณ ปี พ.ศ. 2564 ในช่วงปลายฤดูฝน ผลการทดลอง พบว่า ลูกผสมที่ดี 30 คู่ผสม ให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก ฝักสดเปลือก และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเดือ 1,950 กก./ไร่, 1,315 กก./ไร่ และ 42.4% สูงกว่าค่าเฉลี่ยพันธุ์เปรียบเทียบ 20.3, 22.1 และ 6.8% ตามลำดับ ผลการทดสอบ KSC2(HI)C4-S₃×SSW114 จำนวน 30 คู่ผสมดังกล่าวในฤดูแล้ง พ.ศ. 2565 ที่ไร่สุวรรณ ใช้แผนการทดลอง RCB ให้ค่าเฉลี่ยลักษณะดังกล่าวน้อยกว่าค่าเฉลี่ยพันธุ์เปรียบเทียบ 6 พันธุ์ 5.6, 9.9 และ 4.0% ตามลำดับ สายพันธุ์ S₃ ที่ให้ลูกผสมนั้น 30 สายพันธุ์นำมาสร้างประชากร KSC2(HI)C5 และพัฒนาเป็นสายพันธุ์แม่เพื่อสร้างลูกผสมเดี่ยวพันธุ์การค้า

คำสำคัญ: ตัวทดสอบ, ประชากร, ลูกผสม, สายพันธุ์, สายพันธุ์แม่

Abstract

The objective of this study was to evaluate KSC2(HI)C4-S₂ lines by testcrossing with the female parental inbred of Insee2 hybrid, SSW114 A total of 241 S₂ lines were testcrossed with SSW114. Selected 165 S₂ testcrosses and the four check hybrids (Insee 2, Insee 3, Insee 4 and Hi-Brix 59) were evaluated in a 13×13 Simple lattice design with 2 replications at the National Corn and Sorghum Research Center (NCSRC) in the 2021 early rainy season. Results revealed that the 30 best testcrosses gave means of weight of unhusked ears, weight of husked ears and cut kernel by 12,188 kg/ha, 8,219 kg/ha and 42.4%, respectively, which were higher than those of the check varieties by 20.3, 22.1 and 6.8%, respectively. Their 30 KSC2(HI)C4-S₃×SSW114 were tested at the NCSRC in the 2022 dry season. Results showed that the 30 best testcrosses possessed means of green weight, yellow weight and cut kernel by 8,581 kg/ha, 5,863 kg/ha and 41.1%, respectively, which were lower than six check hybrids by 5.6, 9.9 and 4.0%, respectively. The 30 promising S₃ lines from the testcrosses were recombined for the new cycle (KSC2(HI)C5) and developed into inbred lines to produce the outstanding single-cross hybrids for the fresh market and processing.

Keywords: Hybrid, Inbred, Population, Tester, Line

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* var. *sacchrata* L.) เป็นข้าวโพดที่นิยมปลูกเพื่อรับประทานมากที่สุด ในประเภทข้าวโพดรับประทานฝักสด (specialty corn) เนื่องจากมีน้ำตาลสะสมในเมล็ดสูง เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคมีคุณค่าโภชนาการสูง เมล็ดข้าวโพดหวานสด 100 กรัม มีน้ำประมาณ 75 กรัม ให้พลังงาน 86 กิโลแคลอรี (kcal) มีโปรตีน 3.22 กรัม คาร์โบไฮเดรต 19 กรัม ไขมัน (total lipid or fat) เพียง 1.18 กรัม กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) น้อยมากเพียง 0.2 กรัม คอเลสเตอรอล 0.0 มิลลิกรัม (USDA, 2023)

การปรับปรุงประชากรเป็นงานวิจัยที่มีความสำคัญมากสำหรับการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดวัตถุประสงค์สำหรับการปรับปรุงประชากรข้าวโพดหวานประชากรใดประชากรหนึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดของแต่ละโครงการ โดยการเพิ่มความถี่ของยีนหรือจีโนไทป์ที่ควบคุมลักษณะที่ต้องการ ให้เพิ่มขึ้นในประชากร เช่น เพิ่มความต้านทานต่อโรคฝักเน่า (ear rot) โรคราน้ำค้าง (downy mildew) เพิ่มความถี่ของยีนที่สัมพันธ์กับความสามารถในการให้ผลผลิตสูง คุณภาพฝักสดตรงกับความต้องการของผู้บริโภค เป็นต้น วิธีการปรับปรุงประชากรข้าวโพดเพื่อเพิ่มความถี่ของยีนหรือจีโนไทป์ที่ควบคุมลักษณะที่ดีที่ต้องการของผู้บริโภค เพื่อให้มีค่าเฉลี่ยในประชากรสูงขึ้นไปนั้น สามารถทำได้หลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีมีความเหมาะสม มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงลักษณะต่าง ๆ ของแต่ละประชากรแตกต่างกัน (Maita and Coors, 1996) รายงานว่า วิธีการคัดเลือกแบบหมู่ประยุกต์ (modified mass selection) เป็นวิธีที่สามารถเพิ่มผลผลิตและจำนวนฝัก/ต้นในประชากรข้าวโพด Golden Glow ให้สูงขึ้นได้ (สุจินต์, 2552) รายงานว่าการคัดเลือกโดยวิธีคัดเลือกหมุนเวียนสลับแบบประยุกต์ (modified reciprocal recurrent selection ; MRRS) มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงผลผลิตทั้งในส่วนของประชากรและสายพันธุ์ การคัดเลือกวิธี MRRS มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงอิทธิพลของยีนแบบผลบวก (additive effect) และแบบไม่เป็นผลบวก (non additive effect or dominant effect) การคัดเลือกวิธีนี้สามารถพัฒนาสายพันธุ์แท้ (inbred line) และสร้างลูกผสม (F_1 -hybrid) ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงไปพร้อม ๆ กัน Aluba et al., (2015) ปรับปรุงประชากรข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดพันธุ์ Longe 5 โดยวิธีทดสอบสายพันธุ์ผสมตัวเอง 1 ครั้ง (S_1 recurrent selection) จำนวน 2 รอบคัดเลือกเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อโรคใบไหม้แผลใหญ่ (Northern corn leaf blight) และผลผลิตของประชากร รายงานว่าหลังการปรับปรุงประชากรจำนวน 2 รอบ (C_0 - C_2) สามารถลดการเกิดโรคใบไหม้แผลใหญ่ 26.43% ต่อรอบการคัดเลือก และผลผลิตของประชากรเพิ่มขึ้น 8.35% ต่อรอบการคัดเลือก วรรณญา และคณะ (2553) ปรับปรุงประชากรข้าวโพดหวาน KSC2 รอบคัดเลือกที่ 2 (KSC2 (HI)C2) โดยวิธีการทดสอบสายพันธุ์ผสมตัวเอง 3 ครั้ง (S_3 line) ผสมทดสอบกับสายพันธุ์แท้ (S_3 -line testcrossed with inbred tester) รายงานว่าค่าเฉลี่ยของลักษณะที่สำคัญหลายลักษณะของประชากรข้าวโพดหวาน KSC2 รอบคัดเลือกที่ 3 (KSC2(HI)C3) สูงกว่าค่าเฉลี่ยในประชากร KSC2 รอบคัดเลือกที่ 2 ประชากรข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC2 เป็นประชากรที่ใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมที่มีศักยภาพในการพัฒนาสายพันธุ์แท้และลูกผสมสำหรับตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป (โชคชัย และคณะ, 2546)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 (S_2) โดยวิธีการผสม S_2 กับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แท้ และ 2) คัดเลือกสายพันธุ์ S_3 ที่ดีนำมาผสมรวมกันเพื่อสร้างประชากรรอบคัดเลือกที่ 5 (KSC2(HI)C5)

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์และสายพันธุ์ที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์

1. ข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC2(HI)C4- F_2 จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (โชคชัย และคณะ, 2550)

2. สายพันธุ์แท้ที่ใช้เป็นตัวทดสอบ คือ SSW114 ซึ่งเป็นสายพันธุ์แม่ของข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรี 2 (โชคชัย และคณะ, 2544)

3. พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ พันธุ์อินทรี 2, พันธุ์อินทรี 3, พันธุ์อินทรี 4, พันธุ์อินทรี 5, ไฮบริกซ์ 59, ไฮบริกซ์ 72 และพันธุ์ Sugar Star Plus

การพัฒนาสายพันธุ์ S_2 และสายพันธุ์ S_3

ฤดูแล้ง (เดือนธันวาคม-มีนาคม) พ.ศ. 2562 เริ่มจากปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC2 (HI) C4-F₂ จำนวน 14 แถว แถวยาว 100 ม. จำนวน 5,600 ต้น ระยะปลูกระหว่างแถว 75 ซม. ระยะระหว่างต้น 25 ซม. ปลูก 2 เมล็ดต่อหลุม จากนั้นถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม คัดเลือกต้นที่ดี มีระบบราก และลำต้นแข็งแรง มีอายุวันออกไหม และสัลดของเกสรพร้อมกัน ต้านทานโรค และแมลงศัตรู เมื่อถึงระยะผสมเกสรทำการผสมตัวเองต้นที่คัดเลือก เก็บเกี่ยวฝักที่ดี จากต้นที่ดีได้จำนวน 500 ฝัก กะเทาะเมล็ดแยกเป็นฝักได้เมล็ด S_1

ต้นฤดูฝน (เดือนเมษายน-กรกฎาคม) พ.ศ. 2563 นำสายพันธุ์ S_1 มาปลูกแบบฝักต่อแถว (ear-to-row) ปลูกแถวยาว 2.2 เมตร โดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้น/หลุม คัดเลือกและผสมตัวเอง จากนั้นคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีได้ 241 สายพันธุ์ แล้วกะเทาะเมล็ดแยกฝัก ได้สายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 (S_2)

ปลายฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม) พ.ศ. 2563 ปลูกสายพันธุ์ S_2 แบบฝักต่อแถว (ear-to-row) ปลูกแถวยาว 5 เมตร โดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้น/หลุม คัดเลือกและผสมตัวเอง จากนั้นคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีได้ 165 สายพันธุ์ แล้วกะเทาะเมล็ดแยกฝัก ได้สายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 (S_3)

การผสมระหว่างสายพันธุ์ S_2 และ S_3 กับสายพันธุ์ทดสอบ

ปลายฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม) พ.ศ. 2563 ปลูกสายพันธุ์ S_2 แบบฝักต่อแถว (ear-to-row) แถวยาว 5 เมตร โดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้น/หลุม นำละอองเกสรจากสายพันธุ์แท้ SSW114 (สายพันธุ์ทดสอบ) ผสมกับสายพันธุ์ S_2 ที่ดีได้ลูกผสม S_2 testcross จำนวน 165 คู่ผสม กะเทาะเมล็ดรวมกันในแต่ละคู่ผสม เพื่อนำไปใช้ทดสอบผลผลิตในต้นฤดูฝน พ.ศ. 2564

ฤดูแล้ง (เดือนธันวาคม-มีนาคม) พ.ศ. 2563-2564 ปลูกสายพันธุ์ S_3 แบบฝักต่อแถว (ear-to-row) แถวยาว 5 เมตร โดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้น/หลุม นำละอองเกสรจากสายพันธุ์แท้ SSW114 (สายพันธุ์ทดสอบ) ผสมกับสายพันธุ์ S_3 ที่ดีได้ลูกผสม S_3 testcross จำนวน 119 คู่ผสม กะเทาะเมล็ดรวมกันในแต่ละคู่ผสม เพื่อนำไปใช้ทดสอบผลผลิตในฤดูแล้ง พ.ศ. 2565

การทดสอบผลผลิตลูกผสม S_2 - testcross และ S_3 - testcross

ต้นฤดูฝน (เดือน เมษายน-กรกฎาคม) พ.ศ. 2564 ทดสอบผลผลิตของลูกผสม S_2 - testcross จำนวน 165 คู่ผสม ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ 4 พันธุ์ คือ อินทรี 2, อินทรี 3, อินทรี 4 และพันธุ์ไฮบริกซ์ 59 รวม 169 treatments วางแผนการทดลองแบบ 13x13 simple lattice ปลูกสายพันธุ์ละ 1 แถว แต่ละแถวยาว 5 เมตร ระยะห่างระหว่างแถว 75 ซม. ระยะห่างระหว่างหลุม 25 ซม. ปลูก 1 ต้น/หลุม ทำ 2 ซ้ำ ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตฝักสดหลังข้าวโพดวันออกไหมที่อายุ 18 วัน

ฤดูแล้ง (เดือนธันวาคม-มีนาคม) พ.ศ. 2565 ทดสอบผลผลิตของลูกผสม S_3 - testcross จำนวน 30 คู่ผสม ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ 6 พันธุ์ คือ อินทรี 2, อินทรี 3, อินทรี 4, อินทรี 5, พันธุ์ไฮบริกซ์ 72 และพันธุ์ Sugar Star Plus รวม 36

treatments วางแผนการทดลองแบบ 6×6 RCB ปลูกสายพันธุ์ละ 1 แถว แต่ละแถวยาว 5 เมตร ระยะห่างระหว่างแถว 75 ซม. ระยะห่างระหว่างหลุม 25 ซม. ปลูก 1 ต้น/หลุม ทำ 3 ซ้ำ ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตฝักสดหลังข้าวโพดออกใหม่ที่อายุ 18 วัน

วิธีการเก็บข้อมูล

บันทึกลักษณะทางการเกษตร บันทึกวันสลัดละของเกสร 50% และวันออกไหม 50% ทำการประเมินโดยเริ่มนับจากวันที่ให้น้ำครั้งแรกเป็นวันที่หนึ่ง มีหน่วยเป็นวัน บันทึกความสูงต้นและความสูงฝัก ก่อนเก็บเกี่ยวข้าวโพดประมาณ 2 สัปดาห์ โดยวัดจากโคนต้นถึงข้อใบธง และวัดความสูงฝักจากโคนต้นถึงข้อของฝักบนสุดโดยทำการสุ่มวัดจำนวน 5 ต้น และคำนวณหาค่าเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ความแข็งแรงของระบบราก (ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ ดีน้อยที่สุด และ 5 คือ ดีมากที่สุด) ความต้านทานโรคทางใบ ได้แก่ โรคราสนิม (Southern rust) และโรคใบไหม้แผลใหญ่ (Northern corn leaf blight) (ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ เป็นโรคมามากถึงใบธง, 5 คือ เป็นโรคน้อยเฉพาะใบล่าง ลักษณะเปลือกหุ้มฝัก (ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ เปลือกหุ้มฝักหลวมและปลายฝักโผล่ออกมา, 5 คือ เปลือกหุ้มฝักยาวมิดชิด) ลักษณะต้น (ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ ความสมบูรณ์ของต้นน้อยที่สุด และ 5 คือ ความสมบูรณ์ของต้นมากที่สุด)

บันทึกลักษณะผลผลิต ผลผลิตฝักสด โดยการชั่งน้ำหนักผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก (unhusked yield) ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก (husked yield) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่ บันทึกเปอร์เซ็นต์เมล็ดเชียน (น้ำหนักเมล็ดเชียน / น้ำหนักสดปอกเปลือกจำนวน 5 ฝัก×น้ำหนักสดปอกเปลือกที่ 1 / น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกต่อไร่) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ วัดความกว้างฝักและความยาวฝัก จำนวน 5 ฝัก มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

บันทึกลักษณะทางคุณภาพ ได้แก่ ความนุ่ม ความชอบของผู้ชิม โดยสุ่มวัดฝักจำนวน 5 ฝัก (ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ ชอบน้อยที่สุด และ 5 ชอบมากที่สุด) บันทึกวัดค่าความหวาน (brix) ด้วย hand refractometer โดยสุ่มวัดจากการคั้นน้ำข้าวโพดจำนวน 5 ฝัก มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ บันทึกความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้วยเครื่อง micrometer โดยทำการสุ่มวัดความหนาของ pericarp ด้านเรียบ (Abgerminal side) และด้านต้นอ่อน (Germinal side) จำนวน 5 เมล็ดมีหน่วยเป็นไมครอน (μ)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าลูกผสม S_2 testcross ที่คัดเลือกไว้ 30 คู่ผสม จากทั้งหมด 165 คู่ผสม ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกอยู่ระหว่าง 1,239-2,580 กก./ไร่ (เฉลี่ย 1,950 กก./ไร่) น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก 813-1727 กก./ไร่ (เฉลี่ย 1,315 กก./ไร่) น้ำหนักฝักสดที่ดีหลังปอกเปลือก 671-1,650 (เฉลี่ย 1,131 กก./ไร่) จำนวนฝักดี 4,064-8,940 ฝัก/ไร่ (เฉลี่ย 6,739 ฝัก/ไร่) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเชียน 37.7-46.4% (เฉลี่ย 42.4%) คะแนนลักษณะฝัก 3.8-5.0 คะแนน (เฉลี่ย 4.8 คะแนน) คะแนนความนุ่ม 3.5-4.8 (เฉลี่ย 4.3) คะแนนความชอบ 3.5-4.8 (เฉลี่ย 4.3) ความหวาน 14.0-17.2% (เฉลี่ย 15.4%) ความยาวฝักเฉลี่ย 17.1 ซม. ปลายฝักไม่ติดเมล็ด 1.5-3.9 (เฉลี่ย 2.6 ซม.) ความกว้างฝักเฉลี่ย 4.5 ซม. และจำนวนแถวเฉลี่ย 14.0 แถว (Table 1)

ลูกผสม S_2 testcross ทั้งหมด 30 คู่ผสม ให้ค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าพันธุ์อินทรี 2 ดังนี้ น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก 35.2% น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก 37.7% น้ำหนักฝักสดที่ดีหลังปอกเปลือก 54.6% จำนวนฝักดี 38.2% เปอร์เซ็นต์เมล็ดเชียน 4.9% คะแนนลักษณะฝัก 7.2% ความนุ่ม 3.6% คะแนนความชอบ 4.7% ความยาวฝัก 8.4% ความกว้างฝัก 6.1% และจำนวนแถว 2.6% (Table 1)

ลูกผสม S_2 testcross ทั้งหมด 30 คู่ผสม ให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรต่าง ๆ ที่ดีกว่าพันธุ์การค้าที่นำมาเปรียบเทียบ ดังนี้ น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก 20.3% น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก 22.1% น้ำหนักฝักสดที่ดีหลัง

ปอกเปลือก 36.6% จำนวนฝักดีต่อไร่ 21.7% เปอร์เซ็นต์เมล็ดเจียน 6.8% คะแนนลักษณะฝัก 2.9% ความยาวฝัก 6.6% และความกว้างฝัก 4.2% (Table 1)

ลูกผสม S₃ testcross ทั้งหมด 30 คู่ผสม ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกอยู่ระหว่าง 461–2,574 กก./ไร่ (เฉลี่ย 1,607 กก./ไร่) น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก 298–1,544 กก./ไร่ (เฉลี่ย 1,048 กก./ไร่) น้ำหนักฝักสดที่ดีหลังปอกเปลือก 298–1,558 (เฉลี่ย 1,039 กก./ไร่) จำนวนฝักดี 948–6,366 ฝัก/ไร่ (เฉลี่ย 4,371 ฝัก/ไร่) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเจียน 33.7–50.2% (เฉลี่ย 41.3 %) คะแนนลักษณะฝัก 3.5–5.0 คะแนน (เฉลี่ย 4.4 คะแนน) คะแนนความนุ่ม 3.5–4.7 (เฉลี่ย 4.1 คะแนน) คะแนนความชอบ 3.5–4.7 (เฉลี่ย 4.1 คะแนน) ความหวาน 14.3–17 (เฉลี่ย 15.6) ความยาวฝักเฉลี่ย 18.7 ซม. ปลายฝักไม่ติดเมล็ด 0.3–3.3 (เฉลี่ย 1.6 ซม.) ความกว้างฝักเฉลี่ย 5.1 ซม. และจำนวนแถวเฉลี่ย 14.2 แถว (Table 2)

ลูกผสม S₃ testcross ทั้งหมด 30 คู่ผสม ให้ความสำคัญที่สูงกว่าพันธุ์อินทรี 2 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้ ความหวานเฉลี่ย -5.0% ($p < 0.05$) ความยาวฝักเฉลี่ย 7.9% ($p < 0.01$) ความกว้างของเมล็ดเฉลี่ย -5.5% ($p < 0.05$) ความสูงต้นเฉลี่ย 11.7% ($p < 0.01$) ความสูงฝักเฉลี่ย 6.9% ($p < 0.05$) คะแนนความต้านทานโรคทางใบเฉลี่ย 0.5% ($p < 0.01$) คะแนนเปลือกหุ้มปลายฝักเฉลี่ย -8.6 ($p < 0.01$) และคะแนนต้นเฉลี่ย -3.3% ($p < 0.05$) (Table 2) และลูกผสม S₃ testcross ทั้งหมด 30 คู่ผสม ที่ให้ความสำคัญที่สูงกว่าพันธุ์อินทรี 2 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้ น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก 62.6% น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก 57.8% น้ำหนักฝักสดที่ดีหลังปอกเปลือก 59.8% จำนวนฝักดี 46.7% เปอร์เซ็นต์เมล็ดเจียน 3.8% คะแนนลักษณะฝัก 26.3% ความกว้างฝัก 15.5% และจำนวนแถว 3.6% (Table 2)

ลูกผสม S₃ testcross ทั้งหมด 30 คู่ผสม ให้ความสำคัญของผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรต่าง ๆ ที่ดีกว่า ค่าเฉลี่ยของพันธุ์การค้าที่นำมาเปรียบเทียบ ดังนี้ น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก 1,607 กก./ไร่ (-5.6%) น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก 1,048 กก./ไร่ (-9.9%) น้ำหนักฝักสดที่ดีหลังปอกเปลือก 1,039 กก./ไร่ (-5.3%) จำนวนฝักดีต่อไร่ 4,371 ฝัก/ไร่ (-0.2%) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเจียน 41.3% (-4.0%) คะแนนลักษณะฝัก 4.4 คะแนน (2.0%) คะแนนความนุ่ม 4.1 คะแนน (-1.5%) คะแนนความชอบ 4.1 คะแนน (-5.8%) ความยาวฝัก 18.7 ซม. (7.9%) และความกว้างฝัก 14.2 ซม. (15.5%) (Table 2)

จากการทดลองพบว่า ลูกผสม S₃ testcross ให้ความสำคัญของผลผลิตส่วนใหญ่้น้อยกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์การค้าที่นำมาเปรียบเทียบเล็กน้อย โดยให้ความนุ่มเท่ากัน แต่รสชาติและความหวานแตกต่างกันเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ลูกผสม S₃ testcross คู่ที่ให้ผลผลิตฝักสดสูงที่สุด ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก (2,547 กก./ไร่) ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก (1,544 กก./ไร่) สูงกว่าพันธุ์อินทรี 2 ที่ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 1,443 กก./ไร่ และผลผลิตฝักสดแปกเปลือก 955 กก./ไร่ และให้ผลผลิตฝักสดสูงกว่าผลผลิตฝักสดเฉลี่ยของ 6 พันธุ์เปรียบเทียบที่ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและผลผลิตฝักสดปอกเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 1,702 และ 1,163 กก./ไร่ ตามลำดับ (Table 2)

ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ วรรณญา และคณะ (2553) ในการประเมินสายพันธุ์ S₃ ของพันธุ์ KSC2(HI)C2-F₂ โดยวิธีการผสมสายพันธุ์กับตัวทดสอบสายพันธุ์แท้

Table 1 Minimum, maximum, and mean values for fresh yield, eating quality and agronomic traits of 30 selected testcrosses of KSC2(HI)C4-F₂-S₂×SSWI114, compared with the means of Insee2 and hybrid means evaluated at Suwan Farm in the 2021 early rainy season

Traits	30 Selected testcrosses			Insee2 mean	4 Check hybrids			Over check means (%)	
	Min	Max	Mean		Min	Max	Mean	Insee2	Hybrids [†]
Green wt. (kg/rai) ¹	1,239	2,580	1,950	1,443	1,443	1,849	1,620	35.2	20.3
Yellow wt. (kg/rai) ¹	813	1,727	1,315	955	955	1,199	1,077	37.7	22.1
Good wt. (kg/rai) ¹	671	1,605	1,131	731	731	1,036	828	54.6	36.6
Good ear (no/rai) ¹	4,064	8,940	6,739	4,876	3,657	6,908	5,537	38.2	21.7
Cut kernel (%)	37.7	46.4	42.4	40.4	35.1	43.4	39.7	4.9	6.8
Ear aspect (1-5) ²	3.8	5.0	4.8	4.5	4.3	5.0	4.7	7.2	2.9
Tenderness (1-5) ²	3.5	4.8	4.3	4.2	4.2	4.9	4.6	3.6	-6.3
Flavor (1-5) ²	3.5	4.8	4.3	4.2	4.2	4.7	4.5	4.7	-3.9
Sweetness (°brix)	14.0	16.7	15.4	15.8	15.2	16.4	15.8	-2.4	-2.0
Abgerminal pericarp (μ)	49.0	95.0	74.4	67.0	35.5	81.0	60.5	11.1	23.0
Germinal pericarp (μ)	49.5	108.0	76.6	71.0	47.0	85.0	65.9	7.9	16.3
Ear length (cm)	14.0	20.7	17.1	15.8	15.3	17.4	16.1	8.4	6.6
Tip blank (cm)	1.5	3.9	2.6	2.7	2.7	3.9	3.4	-3.2	-22.6
Ear width (cm)	4.0	8.7	4.5	4.3	4.2	4.7	4.4	6.1	4.2
Kernel row (no.)	9.0	15.6	14.0	13.6	12.6	15.7	14.2	2.6	-1.9
Kernel length (mm)	10.3	13.3	12.1	11.6	11.5	12.7	12.0	4.8	1.3
Kernel width (mm)	5.2	10.2	9.1	9.9	8.9	11.0	9.7	-7.3	-5.9
Days to 50% anthesis (d)	49.0	58.0	51.0	50.0	50.0	53.0	52.0	1.7	-2.0
Days to 50% silk (d)	51.0	56.0	53.0	53.0	53.0	56.0	55.0	0.9	-2.8
Plant height (cm)	137.0	173.0	152.0	128.0	128.0	155.0	143.0	18.8	6.1
Ear height (cm)	71.0	98.0	85.0	79.0	72.0	84.0	79.0	8.4	7.3
Plant aspect (1-5) ²	4.5	5.0	4.8	4.5	4.5	5.0	4.7	5.7	1.5

[†] Means of 4 check hybrids Insee 2, Insee 3, Insee 4 and Hi-Brix 59

¹ 6.25 rais = 1 hectare ² Ratings 1–5; 1 = poorest, 5 = best

Table 2 Minimum, maximum, and mean values for fresh yield, eating quality and agronomic traits of 30 selected testcrosses and 6 check hybrids of KSC2(HI)C4-F₂-S₃×SSWI114, evaluated at Suwan Farm in the 2022 dry season

Traits	30 Selected testcrosses			Insee2 mean	6 Check hybrids			Over check means (%)	
	Min	Max	Mean		Min	Max	Mean	Insee2	Hybrids [†]
Green wt. (kg/rai) ¹	461	2,574	1,607	989	989	2,736	1,702	62.6 ^{ns}	-5.6
Yellow wt. (kg/rai) ¹	298	1,544	1,048	664	664	1,896	1,163	57.8 ^{ns}	-9.9
Good wt. (kg/rai) ¹	298	1,558	1,039	650	650	1,815	1,097	59.8 ^{ns}	-5.3
Good ear (no/rai) ¹	948	6,366	4,371	2,980	2,980	6,366	4,380	46.7 ^{ns}	-0.2
Cut kernel (%)	33.7	50.2	41.3	39.8	38.7	46.3	43.0	3.8 ^{ns}	-4.0
Ear aspect (1-5) ²	3.5	5.0	4.4	3.5	3.5	4.5	4.3	26.3 ^{ns}	2.0
Tenderness (1-5) ²	3.5	4.7	4.1	4.2	4.0	4.3	4.1	-3.5 ^{ns}	-1.5
Flavor (1-5) ²	3.5	4.7	4.1	4.3	4.3	4.5	4.4	-4.6 ^{ns}	-5.8
Sweetness (°brix)	14.3	17.0	15.6	16.5	15.0	16.5	15.7	-5.0*	-0.1
Abgerminal pericarp (μ)	45.3	115.0	81.7	76.7	57.3	88.7	69.9	6.5 ^{ns}	16.8
Germinal pericarp (μ)	55.0	91.0	123.9	82.7	62.0	87.7	74.8	49.9 ^{ns}	65.6
Ear length (cm)	20.6	15.1	18.7	17.3	17.3	19.9	18.7	7.9**	7.9
Tip blank (cm)	0.3	3.3	1.6	1.6	1.0	2.8	1.7	-3.0 ^{ns}	-3.0
Ear width (cm)	4.5	10.0	5.1	4.4	4.4	5.9	5.1	15.5 ^{ns}	15.5
Kernel row (no.)	13.0	16.0	14.2	13.7	13.7	18.5	15.0	3.6 ^{ns}	3.6
Kernel length (mm)	8.9	13.1	12.1	12.2	11.3	12.9	12.0	-0.8 ^{ns}	-0.8
Kernel width (mm)	8.5	10.3	9.5	10.1	9.3	10.1	9.6	-5.5*	-5.5
Days to 50% anthesis (d)	53.0	58.0	56.0	54.0	54.0	58.0	57.0	3.3 ^{ns}	-0.6
Days to 50% silk (d)	55.0	62.0	58.0	56.0	56.0	60.0	58.0	2.8 ^{ns}	0.1
Plant height (cm)	148.0	188.0	173.0	155.0	155.0	175.0	166.0	11.7**	4.0
Ear height (cm)	78.0	106.0	92.0	86.0	54.0	99.0	84.0	6.9*	9.2
Root lodging (1-5) ²	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	-0.7 ^{ns}	-0.7
Foliar diseases (1-5) ²	3.7	5.0	4.7	4.7	3.3	5.0	4.2	0.5**	12.5
Husk cover (1-5) ²	2.8	5.0	4.6	5.0	3.0	5.0	4.6	-8.6**	0.4
Plant aspect (1-5) ²	4.0	5.0	4.8	5.0	4.5	5.0	4.8	-3.3*	0.0

[†] Means of 6 check hybrids (Insee 2, Insee 3, Insee 4, Insee 5, Hi-Brix 72 and Sugar Star Plus)

¹ 6.25 rais = 1 hectare ² Ratings 1-5; 1 = poorest, 5 = best

ns = non-significant difference, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

สรุป

ผลการวิจัยนี้ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวโพดหวาน KSC2(HI)C4-F₂-S₂ ของลูก testcross S₂×SSWI114 ที่ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพในการรับประทานสูง และมีลักษณะทางการเกษตรที่ดี จำนวน 30 คู่ผสม และสามารถนำสายพันธุ์ดังกล่าวมาพัฒนาสายพันธุ์ให้เป็นสายพันธุ์แท้ เพื่อสร้างเป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวที่ดีที่สุดให้แก่เกษตรกรและโรงงานแปรรูป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้สถานที่และทุนสนับสนุนโครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดแบบประยุกต์เพื่ออุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ และเมล็ดพันธุ์ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ที่ให้ความช่วยเหลืองานวิจัยนี้อย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, นพพงศ์ จุลจจอหอ, ฉัตรพงศ์ บาลลา. 2544. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรี 2. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 218–226.
- โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจจอหอ, ฉัตรพงศ์ บาลลา. 2546. เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดหวาน ยีน shrunken 2 ที่มีศักยภาพสำหรับการพัฒนาสายพันธุ์แท้และลูกผสมสำหรับตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป. ใน: เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 233–240.
- โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2550. ความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในรอบ 15 ปี (พ.ศ. 2535–2549). ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 33. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 56–67.
- โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจจอหอ. 2564. ข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ใหม่: อินทรี 3, อินทรี 4 และ อินทรี 5 สำหรับตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 59. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 90–97.
- วรัญญา ด่านทวีศิลป์, โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชีรวัดน์ ศรุตโยภาส. 2553. การตอบสนองต่อการคัดเลือกโดยวิธีสายพันธุ์ S₃ ผสมกับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แท้ในข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC2. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 48. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 126–133.
- สุจินต์ เจนวีวัฒน์. 2552. การปรับปรุงประชากรข้าวโพดหวานพันธุ์สุวรรณ 1 และพันธุ์ KS6 โดยวิธีการคัดเลือกซ้ำสลับแบบประยุกต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- Aluba, J.A., Edema, R., Tusiime, G., Asea, G., Gibson, P. 2015. Response to two cycles of S₁ recurrent selection for turicum leave blight in an open pollinated maize variety population (Longe 5). Adv. Appl. Sci. Res. 6: 4–12.
- Maita, R., Coors, J. G. 1996. Twenty cycles of biparental mass selection for prolificacy in the open-pollinated maize population Golden Glow. Crop Sci. 36: 1527–1532. doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600060021x
- USDA, 2023. Sweet corn nutrients, Food data central of the U.S. Department of Agriculture. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168538/nutrients>, 20 January 2023.

การประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 ที่พัฒนาจากข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC3(HI)C4 โดยผสมกับสายพันธุ์พ่อของลูกผสมพันธุ์อินทรี 2

Evaluation of S₂ lines of KSC3(HI)C4 sweet corn population by testcrossing with the male parental inbred of Insee 2 hybrid

จิราพรรณ บานชื่น^{a,*}, โชคชัย เอกทัศนาวรรณ^b, ธีรวัฒน์ ศรีตโยภาส^a

Jiraphan Banchuen^{a,*}, Chokechai Aekatasanawan^b, Teerawat Sarutayophat^a

^aภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

^bศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30320

^aDepartment of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

^bNational Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30320, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: jiraphan.banchaun@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 (S₂) ของข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC3(HI)C4 โดยวิธีผสมกับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์พ่อของลูกผสมพันธุ์อินทรี 2 โดยคัดเลือก KSC3(HI)C4-S₂×KSei14004 จำนวน 120 คู่ผสม ในต้นฤดูฝน พ.ศ. 2564 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) โดยใช้แผนการทดลอง 11×11 Simple lattice จำนวน 2 ซ้ำ พบว่า 30 คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพการรับประทานที่ดี และลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ ที่ดี ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกเฉลี่ย 1,734 กก./ไร่ น้ำหนักฝักสดเปลือกเฉลี่ย 1,175 กก./ไร่ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ตัดได้เฉลี่ย 42.5% สูงกว่าพันธุ์อินทรี 2 5.3, 15.6 และ 14.6% ตามลำดับ จากการทดสอบคู่ผสม KSC3(HI)C4-S₃×KSei14004 จำนวน 30 คู่ผสมที่ดีในฤดูแล้ง พ.ศ. 2565 ที่ไร่สุวรรณ โดยใช้แผนการทดลอง RCB จำนวน 3 ซ้ำ ให้ค่าเฉลี่ยลักษณะดังกล่าวสูงกว่าพันธุ์อินทรี 2 13.8, 11.7 และ -4.6% ตามลำดับ สายพันธุ์ S₂ ที่ให้ลูกผสมที่ดีที่สุด จำนวน 30 คู่ผสมแรกสามารถนำมาสร้างประชากรรอบคัดเลือกที่ 5 และพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวสำหรับตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป

คำสำคัญ: ตัวทดสอบ, ประชากร, ลูกผสม, สายพันธุ์, สายพันธุ์แท้

Abstract

The objective of this study was to evaluate S₂ lines developed from KSC3(HI)C4 by testcrossing with the male parental inbred of Insee 2 hybrid, KSei14004. A total of 120 testcrosses and the check hybrid Insee 2 were evaluated in a 11×11 Simple lattice with two replications at the National Corn and Sorghum Research Center (NCSRC) in the 2021 early rainy season. Results showed that the 30 best testcrosses gave means of green weight, yellow weight and cut kernel by 10,838 kg/ha, 7,344 kg/ha and 42.5%, respectively, higher than the check by 5.3, 15.6 and 14.6%, respectively. The 30 KSC3(HI)C4-S₃×KSei14004 were tested in a RCB design with three replications at the NCSRC in the 2022 dry season. Results showed that the 30 best testcrosses possessed means of green weight, yellow weight and cut kernel by 8,581 kg/ha, 5,863 kg/ha and 41.1%, respectively, higher than Insee 2 by 13.8, 11.7 and 4.6%, respectively. The 30 promising S₂ lines were developed for recombining the new cycle (KSC3(HI)C5) and their inbred lines to produce an outstanding single-cross hybrids for the fresh market and processing.

Keywords: Hybrid, Inbred, Line, population, Tester

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* L. var. *saccharata*) จัดเป็นข้าวโพดฝักสด (specialty corn) ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2563 และ 2564 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานจำนวน 234,402 และ 231,132 ไร่ ได้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกรวม 498,699 และ 494,108 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,146 และ 2,163 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ส่งผลให้ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกข้าวโพดฝักสด และผลิตภัณฑ์มากเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยมีการส่งออกในรูปแบบข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง ฝักสดแช่แข็ง และข้าวโพดฝักสดส่วนหนึ่งจำหน่ายตามตลาดในท้องถิ่นต่าง ๆ ภายในประเทศเพื่อการบริโภคฝักสดในรูปแบบฝักต้มสด ฝักสดนึ่ง และฝักสดเผา

ความต้องการบริโภคข้าวโพดฝักสดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ต้องมีการพัฒนาลักษณะด้านผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรให้ตรงความต้องการของตลาดมากขึ้น เช่น ผลผลิตสูง สีเมล็ดสม่ำเสมอ ติดเมล็ดเต็มฝัก และมีความหวานสูง จึงต้องทำการคัดเลือกข้าวโพดฝักสดเพื่อพัฒนาประชากรให้มีลักษณะต่าง ๆ ดีขึ้นหรือเพิ่มค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ในประชากรให้สูงขึ้นโดยที่ความแปรปรวนทางพันธุกรรมในประชากรไม่ลดลง การคัดเลือกโดยวิธีการผสมกับตัวทดสอบ (testcross selection) เป็นวิธีการประเมินสมรรถนะการผสมสำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์แท้เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่สำหรับผลิตเป็นพันธุ์ลูกผสม (ฉลอง และคณะ, 2553) การคัดเลือกสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 (S_2 line) (ปฏิพัทธ์ และคณะ, 2552) และสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 (S_3 line) (วรัญญา และคณะ, 2552) ที่พัฒนาจากประชากรข้าวโพดหวานยีน *shrunken-2* (*sh2* gene) โดยวิธีการผสมกับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แท้ พบว่า ลูกผสมที่ดีที่สุด 25 อันดับแรก ให้ผลผลิตฝักสดคุณภาพการรับประทาน และลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ เกือบทุกลักษณะดีกว่าค่าเฉลี่ยจากทุกคู่ผสม จากสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 และ 3 ที่ให้ลูกผสมดีที่สุด 25 อันดับแรกสามารถนำมาผสมรวมเพื่อสร้างประชากรรอบคัดเลือกใหม่ และพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวสำหรับตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป

ข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC3 ถูกสร้างขึ้นในปี พ.ศ.2533 โดยนำข้าวโพดหวานพันธุ์ Hawaiian Sugar Super Sweet ผสมกับข้าวโพดไร่พันธุ์ Tuxpeño-1 DMR แล้วพัฒนาประชากรโดยใช้วิธีการคัดเลือกรวม (Mass selection) จำนวน 4 รอบ ข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC3 จึงมีเชื้อพันธุกรรมเป็นข้าวโพดไร่ 50% ทำให้มีความต้านทานต่อโรคน้ำค้าง และโรคทางใบอื่น ๆ โดยเฉพาะโรคราสนิม มีระบบราก และลำต้นแข็งแรง สามารถแบ่งออกเป็นประชากรที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเหลือง และสีขาว (โชคชัย และคณะ, 2550)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 (S_2 line) โดยวิธีการผสม S_2 กับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แท้ และ 2) คัดเลือกสายพันธุ์ S_2 ที่ดี นำมาผสมรวมกันเพื่อสร้างประชากรรอบคัดเลือกที่ 5 (KSC3(HI)C5)

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์และสายพันธุ์ที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (โชคชัย และคณะ, 2550)

1. ประชากรข้าวโพดหวาน KSC3 รอบคัดเลือกที่ 4 [KSC3(HI)C4-F₂]
2. ข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ที่ใช้เป็นตัวทดสอบ KSei14004 ซึ่งเป็นสายพันธุ์พ่อของลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรี 2
3. พันธุ์เปรียบเทียบ คือ ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรี 2 และพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวร่วมทดสอบ ได้แก่ พันธุ์อินทรี 3 พันธุ์อินทรี 4 พันธุ์อินทรี 5 พันธุ์ไฮบริกซ์ 72 และพันธุ์ซูการ์สตาร์พลัส

การพัฒนาสายพันธุ์ S₂ และผสมกับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แท้

ฤดูแล้ง (ธันวาคม-มีนาคม) พ.ศ. 2562-2563 ปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC3(HI)C4-F₂ จำนวน 14 แถว แถวยาว 100 ม. ระยะปลูกระหว่างแถว 75 ซม. ระหว่างต้น 25 ซม. ปลูก 2 เมล็ดต่อหลุม ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม คัดเลือกต้นที่ดี มีระบบราก และลำต้นแข็งแรง มีอายุวันออกไหม และสลัดละอองเกสรพร้อมกัน ด้านทานโรค และแมลงศัตรู เมื่อถึงระยะผสมเกสรทำการผสมตัวเอง เก็บเกี่ยวฝักที่ดี จากต้นที่ดีจำนวน 500 ฝัก กะเทาะเมล็ดแยกเป็นฝัก/ต้น ได้เมล็ด S₁

ต้นฤดูฝน (เมษายน-กรกฎาคม) พ.ศ. 2563 นำเมล็ด S₁ ปลูกแบบฝักต่อแถว (ear-to-row) สายพันธุ์ละ 1 แถว แถวยาว 2.2 ม. ใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 75 ซม. ระหว่างต้น 20 ซม. คัดเลือกต้นที่ดี แล้วผสมตัวเอง เก็บเกี่ยวฝักที่ดีจากต้นที่ดีจำนวน 232 ฝัก กะเทาะเมล็ดแยกเป็นฝัก/ต้น ได้เมล็ด S₂

ปลายฤดูฝน (กันยายน-พฤศจิกายน) พ.ศ. 2563 นำเมล็ด S₂ แบ่งเป็นสองส่วน เมล็ดส่วนหนึ่งเก็บเป็น remnant seed อีกส่วนนำมาปลูกแบบฝักต่อแถว แถวยาว 5 ม. ระยะ 3.60 เมตรแรกแถว (18 ต้น) คัดเลือกต้นที่ดี ผสมตัวเอง เก็บเกี่ยวฝักและคัดเลือกฝักที่มีลักษณะดีจากต้นที่ดีไว้จำนวน 174 สายพันธุ์ กะเทาะเมล็ดแยกฝัก ได้เมล็ด S₃ และส่วนระยะที่เหลือ 1.40 ม. (8 ต้น) ผสมกับสายพันธุ์แท้ KSei14004 คัดเลือกฝักที่ดีจากต้นที่ดีไว้ 6-8 ฝักต่อคู่ผสม กะเทาะเมล็ดรวมกันได้ลูกผสม S₂ testcrossed จำนวน 120 คู่ผสม

ต้นฤดูฝน (มิถุนายน-กันยายน) พ.ศ. 2564 นำเมล็ด S₃ แบ่งเมล็ดออกเป็นสองส่วน ปลูกผสมตัวเองและผสมกับสายพันธุ์แท้ KSei14004 เหมือนฤดูที่แล้ว คัดเลือกฝักผสมตัวเองที่ดี S₄ คัดเลือกฝัก S₃ testcross จำนวน 78 คู่ผสม

การทดสอบผลผลิต S₂ testcrossed

ต้นฤดูฝน (มิถุนายน-กันยายน) พ.ศ. 2564 ทดสอบผลผลิต S₂ testcrossed จาก 120 คู่ผสม ทดสอบร่วมกับพันธุ์อินทรี 2 วางแผนการทดลองแบบ 11×11 Simple lattice จำนวน 2 ซ้ำ ปลูกสายพันธุ์ละ 1 แถว แถวยาว 5 ม. ระยะปลูกระหว่างแถว 75 ซม. ระหว่างต้น 25 ซม. เก็บข้อมูลผลผลิต คุณภาพในการรับประทานและลักษณะทางการเกษตร วิเคราะห์และคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีให้คู่ผสมที่ดีจำนวน 30 คู่ผสม

ฤดูแล้ง (ธันวาคม-มีนาคม) พ.ศ. 2564-2565 ทดสอบผลผลิต S₂ testcrossed จาก 30 คู่ผสมที่ดีจากฤดูที่ผ่านมาทดสอบผลผลิต S₃ testcrossed มีพันธุ์อินทรี 2 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ และพันธุ์ร่วมทดสอบ ได้แก่ พันธุ์อินทรี 3 อินทรี 4 อินทรี 5 ไฮบริกซ์ 72 และพันธุ์ซูการ์สแตร์พลัส รวม 36 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกคู่ผสมละ 1 แถว เก็บข้อมูลผลผลิต คุณภาพในการรับประทาน และลักษณะทางการเกษตร นำเมล็ดสายพันธุ์ S₃ ที่ได้จาก S₂ testcrossed ที่ดีจำนวน 30 สายพันธุ์ ในแต่ละสายพันธุ์นำมาปลูกและผสมแบบพบกันหมด (recombination) กะเทาะเมล็ดรวมกันในสัดส่วนเท่า ๆ กันของแต่ละสายพันธุ์ได้ประชากรรอบคัดเลือกใหม่ (KSC3(HI)C5-F₁)

วิธีการเก็บข้อมูล

ลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ วันสลัดละอองเกสร 50% วันออกไหม 50% ความสูงต้นและฝัก (วัดจากโคนต้นถึงข้อใบธง และข้อของฝักบนสุด โดยสุ่มวัดจาก 5 ต้น คิดค่าเฉลี่ยเป็นเซนติเมตร) ความต้านทานโรคทางใบ ได้แก่ โรคราสนิม (Southern rust) และโรคใบไหม้แผลใหญ่ (Northern corn leaf blight) (ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ เป็นโรคมามากถึงใบธง, 5 คือ เป็นโรคน้อยเฉพาะใบล่าง ๆ) ความแข็งแรงของราก (ต้นเอียงจากแนวตั้งตั้งแต่ 30 องศา ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ ล้มมากกว่า 80%, 5 คือ ล้มน้อยกว่า 20%) ลักษณะเปลือกหุ้มฝัก (ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ เปลือกหุ้มฝักหลวมและ

ปลายฝักไหล่ออกมา, 5 คือ เปลือกหุ้มฝักยาวมิดชิด) ลักษณะต้น (ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ ความสมบูรณ์ของต้นน้อยที่สุด และ 5 คือ ความสมบูรณ์ของต้นมากที่สุด)

ผลผลิต ได้แก่ เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 18-20 วันหลังวันออกไหม 50% น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก ฝักสดปอกเปลือกน้ำหนักฝักดี น้ำหนักฝักเสีย และน้ำหนักเมล็ดเชื่อน หน่วยเป็นกิโลกรัม/แปลงย่อย นำมาคำนวณเป็นกิโลกรัม/ไร่ และคำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดเชื่อน โดยนำน้ำหนักเมล็ดเชื่อนน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกจำนวน 5 ฝัก×น้ำหนักฝักสดปอกเปลือกที่ตัดต่อไร่/น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกต่อไร่ มาตรฐานการจำแนกขนาดฝักมีดังนี้ ฝัก ขนาดใหญ่ตั้งแต่ 17 ซม. ฝักขนาดกลาง ตั้งแต่ 15 ซม. ถึงน้อยกว่า 17 ซม. และฝักขนาดเล็กน้อยกว่า 15 ซม. ถึง 13 ซม.

องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ทำการสุ่มฝัก 5 ฝัก วัดความยาวฝัก (วัดจากก้นฝักถึงปลายฝัก) ความกว้างฝัก (วัดจากกลางฝัก) ความยาวปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด (วัดจากแถวสุดท้ายที่ติดเมล็ดบริเวณปลายฝักถึงปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด) นำมาคิดค่าเฉลี่ยเป็นเซนติเมตร ลักษณะฝัก มีความสม่ำเสมอของขนาดและสีของฝัก การเรียงแถวของเมล็ด การติดเต็มของเมล็ด การเข้าทำลายของโรคและแมลง (ให้คะแนนฝัก 1-5 โดย 1 คือ ดีน้อยที่สุด, 5 คือ ดีมากที่สุด) และลักษณะอื่น ๆ เช่น สีฝัก ความยาว และความกว้างของเมล็ด โดยสุ่มวัดเมล็ดที่แกะจากกลางฝัก จำนวน 10 เมล็ด มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ลักษณะคุณภาพ ได้แก่ ทดสอบความชอบและความอ่อนนุ่ม โดยวิธีการกัดชิม (bite tested) (ให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือ ดีน้อยที่สุด, 5 คือ ดีมากที่สุด) วัดความหวานโดยใช้ Brix refractometer มีค่าเป็นองศาบริกซ์ (°brix) และวัดความหนาบางของเยื่อหุ้มเมล็ดด้วยเครื่อง micrometer มีหน่วยเป็น ไมครอน (μ) สุ่มวัดเมล็ดที่แกะจากกลางฝัก จำนวน 10 เมล็ด (ใช้มีดกรีดหัว กรีดท้ายของเมล็ด กรีดข้างเมล็ดแล้วลอกเยื่อหุ้มเมล็ด) วัดเยื่อหุ้มเมล็ดโดยวัดด้านที่ติดกับคัพภะ (Germinal side) และวัดด้านเรียบที่ไม่ติดกับคัพภะ (Abgerminal side)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนด้วยโปรแกรม SAS Version 9.0 (SAS Institute, 2002) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan ที่ระดับ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลูกผสม S_2 testcrosses ที่คัดเลือกไว้จำนวน 30 คู่ผสม ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกอยู่ในช่วง 1,260-2,215 กก./ไร่ (เฉลี่ย 1,734 กก./ไร่) น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก 833-1,524 กก./ไร่ (เฉลี่ย 1,175 กก./ไร่) น้ำหนักฝักสดที่ดีหลังปอกเปลือก 528-1,300 กก./ไร่ (เฉลี่ย 984 กก./ไร่) จำนวนฝักดี 3,251-7,517 ฝัก/ไร่ (เฉลี่ย 6,041 ฝัก/ไร่) เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ตัดได้ 39.6-48.0% (เฉลี่ย 42.5%) คะแนนลักษณะฝัก 3.5-5.0 คะแนน (เฉลี่ย 4.6 คะแนน) คะแนนความนุ่ม 2.5-4.9 คะแนน (เฉลี่ย 4.1 คะแนน) คะแนนความชอบ 2.8-4.9 คะแนน (เฉลี่ย 4.2 คะแนน) คะแนนความหวาน 14.4-16.8 องศาบริกซ์ (เฉลี่ย 15.7 องศาบริกซ์) ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน abgerminal 58.0-98.5 ไมครอน (เฉลี่ย 79.9 ไมครอน) ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน germinal 55.0-101.5 ไมครอน (เฉลี่ย 80.6 ไมครอน) ความยาวฝัก 13.9-18.2 ซม. (เฉลี่ย 16.3 ซม.) ปลายฝักไม่ติดเมล็ด 1.7-4.1 ซม. (เฉลี่ย 2.9 ซม.) ความกว้างฝัก 4.0-4.7 ซม. (เฉลี่ย 4.4 ซม.) จำนวนแถว 12.0-15.0 แถว (เฉลี่ย 13.6 แถว) ความกว้างของเมล็ด 8.4-10.5 มม. (เฉลี่ย 9.5 มม.) ความยาวของเมล็ด 10.4-14.4 มม. (เฉลี่ย 12.3 มม.) วันสลัดละของเกสร 50% 47-52 วัน (เฉลี่ย 50 วัน) วันออกไหม 50% 50-56 วัน (เฉลี่ย 53 วัน) ความสูงต้น 120-151 ซม. (เฉลี่ย 136 ซม.) ความสูงฝัก 61-85 ซม. (เฉลี่ย 73 ซม.) และคะแนนลักษณะต้น 4.0-5.0 คะแนน (เฉลี่ย 4.7 คะแนน) (Table 1)

ลูกผสม S_2 testcrosses ที่ดีที่สุดจำนวน 30 คู่ผสม มีลักษณะส่วนใหญ่ดีกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์อินทรี 2 ดังนี้ น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก 5.3% น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก 15.6% น้ำหนักฝักสดที่ดีหลังปอกเปลือก 46.9% จำนวนฝักดี 41.6% เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ตัดได้ 14.6% ตามลำดับ คะแนนลักษณะฝัก 2.2% คะแนนความนุ่ม 17.1% คะแนนความชอบ

10.5% คะแนนความหวาน -3.1% ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน abgerminal 21.1% ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน germinal 15.9% ความยาวฝัก 3.2% ปลายฝักไม่ติดเมล็ด 11.5% ความกว้างฝัก 10.0% จำนวนแถว -5.6% ความกว้างของเมล็ด 2.2% ความยาวของเมล็ด 6.9% วันสลัดละของเถร 4.2% วันออกไหม 3.9% ความสูงต้น 8.8% ความสูงฝัก 0.0% และคะแนนลักษณะต้น -2.1 (Table 1) ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของผลผลิตส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์ อินทรี 2 สอดคล้องกับผลการทดลองของ ปฏิพัทธ์ และคณะ (2552) ที่ใช้สายพันธุ์ KSC3(HI)C2-S₂ จำนวน 154 สายพันธุ์ ผสมกับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แท้ KSei14004 คัดเลือกลูกผสมทดสอบ (testcrossed hybrid) ที่ให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรที่ดีจำนวน 25 คู่ผสม พบว่า ลูกผสมดังกล่าวให้ผลผลิตเฉลี่ยส่วนใหญ่ดีกว่าลูกผสมทดสอบทั้งหมด เช่น น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกสูงกว่า 4.6% และน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงกว่า 8.5% จากนั้นคัดเลือกลูกผสมทดสอบที่ให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรที่ดีที่สุดจำนวน 10 คู่ผสม พบว่า ลูกผสม testcrossed ให้ผลผลิตเฉลี่ยดีกว่าพันธุ์ อินทรี 2 เช่น น้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงกว่า 3.5% และน้ำหนักฝักสดที่ดีหลังปอกเปลือกสูงกว่า 13.3%

Table 1 Minimum, maximum and mean values for fresh yields, eating quality and agronomic traits of 30 selected Testcrosses of KSC3(HI)C4-F₂-S₂×KSei14004, compared with Insee 2 hybrid, evaluated at Suwan Farm in the 2021 early rainy season

Traits	30 Selected testcrosses			Insee 2 mean	Over Insee2 mean (%) [†]
	Min	Max	Mean		
Green wt. (kg/rai) ¹	1,260	2,215	1,734	1,646	5.3
Yellow wt. (kg/rai) ¹	833	1,524	1,175	1,016	15.6
Good wt. (kg/rai) ¹	528	1,300	984	670	46.9
Good ears (no./rai) ¹	3,251	7,517	6,041	4,267	41.6
Cut kernel (%)	39.6	48.0	42.5	37.1	14.6
Ear aspect (1-5) ²	3.5	5.0	4.6	4.5	2.2
Tenderness (1-5) ²	2.5	4.9	4.1	3.5	17.1
Flavor (1-5) ²	2.8	4.9	4.2	3.8	10.5
Sweetness (°brix)	14.4	16.8	15.7	16.2	-3.1
Abgerminal pericarp (μ)	58.0	98.5	79.9	66.0	21.1
Germinal pericarp (μ)	55.0	101.5	80.6	69.5	15.9
Ear length (cm)	13.9	18.2	16.3	15.8	3.2
Tip blank (cm)	1.7	4.1	2.9	2.6	11.5
Ear width (cm)	4.0	4.7	4.4	4.0	10.0
Kernel row (no.)	12.0	15.0	13.6	14.4	-5.6
Kernel width (mm)	8.4	10.5	9.5	9.3	2.2
Kernel length (mm)	10.4	14.4	12.3	11.5	6.9
Days to 50% anthesis (d)	47	52	50	48	4.2

Traits	30 Selected testcrosses			Insee 2 mean	Over Insee2 mean (%) [†]
	Min	Max	Mean		
Days to 50% silk (d)	50	56	53	51	3.9
Plant height (cm)	120	151	136	125	8.8
Ear height (cm)	61	85	73	73	0.0
Plant aspect (1-5) ²	4.0	5.0	4.7	4.8	-2.1

[†] Means of 30 selected testcrosses compared with the mean of Insee 2 check hybrid.

¹ 6.25 rais = 1 hectare. ² Ratings 1–5; 1 = poorest, 5 = best.

ลูกผสม S₃ testcrosses คัดเลือกไว้จำนวน 30 คู่ผสม ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกอยู่ในช่วง 596–2,519 กก./ไร่ (เฉลี่ย 1,373 กก./ไร่) น้ำหนักฝักสดเปลือก 433–1,680 กก./ไร่ (เฉลี่ย 938 กก./ไร่) น้ำหนักฝักสดที่ตีหลังเปลือก 352–1,639 กก./ไร่ (เฉลี่ย 905 กก./ไร่) จำนวนฝักดี 1,354–7,179 ฝัก/ไร่ (เฉลี่ย 4,073 ฝัก/ไร่) เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ตัดได้ 16.5–49.1% (เฉลี่ย 41.1%) คะแนนลักษณะฝัก 3.5–5.0 คะแนน (เฉลี่ย 4.3 คะแนน) คะแนนความนุ่ม 3.3–4.7 คะแนน (เฉลี่ย 3.9 คะแนน) คะแนนความชอบ 3.5–4.7 คะแนน (เฉลี่ย 4.1 คะแนน) คะแนนความหวาน 14.2–16.4 องศาบริกซ์ (เฉลี่ย 15.4 องศาบริกซ์) ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน abgerminal 72–136.3 ไมครอน (เฉลี่ย 100.9 ไมครอน) ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน germinal 73.0–173.0 ไมครอน (เฉลี่ย 104.9 ไมครอน) ความยาวฝัก 14.3–20.4 ซม. (เฉลี่ย 18.1 ซม.) ปลายฝักไม่ติดเมล็ด 1.6–4.1 ซม. (เฉลี่ย 2.9 ซม.) ความกว้างฝัก 3.6–5.3 ซม. (เฉลี่ย 4.8 ซม.) จำนวนแถว 12.0–15.6 แถว (เฉลี่ย 14.1 แถว) ความกว้างของเมล็ด 8.8–11.1 มม. (เฉลี่ย 9.9 มม.) ความยาวของเมล็ด 13.5–9.8 มม. (เฉลี่ย 12.1 มม.) วันสลัดละของเกสร 50% 53–67 วัน (เฉลี่ย 56 วัน) วันออกไหม 50% 55–70 วัน (เฉลี่ย 58 วัน) ความสูงต้น 93–187 ซม. (เฉลี่ย 160 ซม.) ความสูงฝัก 57–102 ซม. (เฉลี่ย 83 ซม.) คะแนนต้นล้ม 4.7–5.0 คะแนน (เฉลี่ย 5.0 คะแนน) คะแนนโรคทางใบ 3.3–5.0 คะแนน (เฉลี่ย 4.6 คะแนน) คะแนนเปลือกหุ้มฝัก 3.0–5.0 คะแนน (เฉลี่ย 4.8 คะแนน) และคะแนนลักษณะต้น 4.0–5.0 คะแนน (เฉลี่ย 4.7 คะแนน) (Table 2)

ลูกผสม S₃ testcrosses ที่ดีที่สุด 30 คู่ผสม ที่ให้ค่าเฉลี่ยที่ของคะแนนลักษณะต้น คะแนนความชอบ และคะแนนความหวาน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ($P < 0.01$) (Table 2)

ลูกผสม S₃ testcrosses ที่ดีที่สุด 30 คู่ผสม มีลักษณะส่วนใหญ่ดีกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์อินทรี 2 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ดังนี้ น้ำหนัก ฝักสดทั้งเปลือก 13.8% น้ำหนักฝักสดเปลือก 11.7% น้ำหนักฝักสดที่ตีหลังเปลือก 13.3% จำนวนฝักดี 7.4% เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ตัดได้ -4.6% ตามลำดับ คะแนนลักษณะฝัก -14.0% คะแนนความนุ่ม -7.1% คะแนนความชอบ -8.9% คะแนนความหวาน -6.1% ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน abgerminal -1.4% ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน germinal 4.2% ความยาวฝัก 4.6% ปลายฝักไม่ติดเมล็ด 61.1% ความกว้างฝัก 9.1% จำนวนแถว 0.7% ความกว้างของเมล็ด 3.1% ความยาวของเมล็ด 5.2% วันสลัดละของเกสร 50% 3.7% วันออกไหม 50% 1.8% ความสูงต้น 3.9% ความสูงฝัก -1.2% คะแนนต้นล้ม 0.0% คะแนนโรคทางใบ 9.5% คะแนนเปลือกหุ้มฝัก 2.2% และคะแนนลักษณะต้น 2.1% (Table 2)

ลูกผสม S₃ testcrosses ที่ดีที่สุดจำนวน 30 คู่ผสม มีลักษณะส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ 6 พันธุ์ (อินทรี 3 อินทรี 4 อินทรี 5 ไฮบริกซ์ 72 และซูการ์สตาร์พลัส) ดังนี้ ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก -24.4% น้ำหนักฝักสด

ปอกเปลือก -23.7% น้ำหนักฝักสดที่ดีหลังปอกเปลือก -22.9% จำนวนฝักดี -12.8% เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ตัดได้ -0.9% คะแนนลักษณะฝัก -8.5% คะแนนความนุ่ม -4.9% คะแนนความชอบ -4.7% คะแนนความหวาน -1.3% ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน abgerminal 2.7% ความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดด้าน germinal 3.7% ความยาวฝัก -1.6% ปลายฝักไม่ติดเมล็ด 45.0% ความกว้างฝัก -18.6% จำนวนแถว -6.0% ความกว้างของเมล็ด 1.0% ความยาวของเมล็ด -0.8% วันสลัดลของเกสร 50% 0.0% วันออกไหม 50% 0.0% ความสูงต้น -4.2% ความสูงฝัก 1.2% คะแนนต้นล้ม 2.0% คะแนนโรคทางใบ 6.9% คะแนนเปลือกหุ้มฝัก 9.5% และคะแนนลักษณะต้น -2.0% (Table 2) วัฏธูญา และคณะ (2552) ใช้สายพันธุ์ KSC2(HI)C2-S₃ จำนวน 193 สายพันธุ์ ผสมกับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แท้ SSWI114 คัดเลือกลูกผสมทดสอบที่ให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรที่ดีจำนวน 25 คู่ผสม พบว่า ลูกผสมดังกล่าวให้ผลผลิตเฉลี่ยดีกว่าลูกผสมทดสอบทั้งหมด เช่น น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกสูงกว่า 12.0% และน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงกว่า 14.1%

Table 2 Minimum, maximum and mean values for fresh yields, eating quality and agronomic traits of 30 selected testcrosses of KSC3(HI)C4-F₂-S₃×KSei14004, compared with Insee 2 hybrid, evaluated at Suwan Farm in the 2022 dry season

Traits	30 Selected testcrosses			Insee 2 mean	6 Check hybrids			Over check means (%) [†]	
	Min	Max	Mean		Min	Max	Mean	Insee 2	Hybrids [†]
Green wt. (kg/rai) ¹	596	2,519	1,373	1,206	1,206	2,872	1,817	13.8 ^{ns}	-24.4
Yellow wt. (kg/rai) ¹	433	1,680	938	840	840	2,005	1,230	11.7 ^{ns}	-23.7
Good wt. (kg/rai) ¹	352	1,639	905	799	799	1,950	1,174	13.3 ^{ns}	-22.9
Good ears (no./rai) ¹	1,354	7,179	4,073	3,793	3,386	6,772	4,673	7.4 ^{ns}	-12.8
Cut kernel (%)	16.5	49.1	41.1	43.1	38.7	43.6	41.5	-4.6 ^{ns}	-0.9
Ear aspect (1-5) ²	3.5	5.0	4.3	5.0	4.5	5.0	4.7	-14.0 ^{**}	-8.5
Tenderness (1-5) ²	3.3	4.7	3.9	4.2	3.8	4.3	4.1	-7.1 ^{ns}	-4.9
Flavor (1-5) ²	3.5	4.7	4.1	4.5	4.2	4.5	4.3	-8.9 ^{**}	-4.7
Sweetness (%brix)	14.2	16.4	15.4	16.4	14.3	16.5	15.6	-6.1 ^{**}	-1.3
Abgerminal pericarp (μ)	72.0	136.3	100.9	102.3	88.3	126.3	98.2	-1.4 ^{ns}	2.7
Germinal pericarp (μ)	73.0	173.0	104.9	100.7	83.0	130.7	101.2	4.2 ^{ns}	3.7
Ear length (cm)	14.3	20.4	18.1	17.3	17.3	19.4	18.4	4.6 ^{ns}	-1.6
Tip blank (cm)	1.6	4.1	2.9	1.8	0.9	2.7	2.0	61.1 ^{ns}	45.0
Ear width (cm)	3.6	5.3	4.8	4.4	4.4	7.7	5.9	9.1 ^{ns}	-18.6
Kernel row (no.)	12.0	15.6	14.1	14.0	13.3	18.5	15.0	0.7 ^{ns}	-6.0
Kernel width (mm)	8.8	11.1	9.9	9.6	9.0	10.7	9.8	3.1 ^{ns}	1.0
Kernel length (mm)	9.8	13.5	12.1	11.5	11.5	13.0	12.2	5.2 ^{ns}	-0.8
Days to 50% anthesis (d)	53	67	56	54	54	59	56	3.7 ^{ns}	0.0
Days to 50% silk (d)	55	70	58	57	57	60	58	1.8 ^{ns}	0.0
Plant height (cm)	93	187	160	154	154	177	167	3.9 ^{ns}	-4.2
Ear height (cm)	57	102	83	84	58	98	82	-1.2 ^{ns}	1.2

Traits	30 Selected			Insee 2 mean	6 Check hybrids			Over check	
	testcrosses							means (%) [†]	
	Min	Max	Mean		Min	Max	Mean	Insee 2	Hybrids [†]
Root lodging (1-5) ²	4.7	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	4.9	0.0 ^{ns}	2.0
Foliar diseases (1-5) ²	3.3	5.0	4.6	4.2	4.0	4.7	4.3	9.5 ^{ns}	6.9
Husk cover (1-5) ²	3.0	5.0	4.6	4.5	3.0	4.7	4.2	2.2 ^{ns}	9.5
Plant aspect (1-5) ²	3.8	5.0	4.8	4.7	4.7	5.0	4.9	2.1 ^{ns}	-2.0

[†]Means of 6 check hybrids: Insee 2, Insee 3, Insee 4, Insee 5, Hi-Brix 72 and Sugar star plus.

¹ 6.25 rais = 1 hectare. ² Ratings 1-5; 1 = poorest, 5 = best.

ns = non-significant difference, ** = significant at $p < 0.01$

สรุป

ผลการทดลองจากการคัดเลือกโดยวิธีสายพันธุ์ผสมตัวเอง 2 ครั้งกับพันธุ์ทดสอบที่เป็นสายพันธุ์พ่อของลูกผสมพันธุ์อินทรี 2 คัดเลือกลูกผสม S₂ testcrossed จากข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC3(HI)C4-F₂ ที่ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพในการรับประทานและลักษณะทางการเกษตรที่ดีได้จำนวน 30 คู่ผสม นำสายพันธุ์ S₃ ที่ดีดังกล่าวมาปลูกและผสมแบบพบกันหมด (recombination) ได้เป็นประชากรรอบคัดเลือกใหม่ (KSC3(HI)C5-F₁) และสายพันธุ์ S₂ ที่คัดได้มาพัฒนาให้เป็นสายพันธุ์แม่สร้างเป็นลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ใหม่สำหรับตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูปต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดแบบประยุกต์เพื่ออุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ และเมล็ดพันธุ์ และขอขอบคุณข้าราชการ และพนักงานประจำศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- ฉลอง เกิดศรี, สราญุฑ ช่างพิมพ์, พวงผกา เกียรติขวัญบุตร, สมพงษ์ ทองช่วง. 2553. การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ของข้าวโพดหวานลูกผสมด้วยค่าประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แม่. วารสารวิชาการเกษตร 28: 134-143.
- โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจจอหอ, ฉัตรพงศ์ บาลลา. 2550. ความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในรอบ 15 ปี (พ.ศ. 2535-2549). ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 33. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 56-67.
- ปฏิพัทธ์ พรหมณเรศ, โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ธีรวัฒน์ ศรีตโยภาส. 2552. การประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 ที่พัฒนาจากข้าวโพดหวานพันธุ์ KSC3(HI)C2 โดยการผสมกับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แม่. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 115-122.
- วรัญญา ด่านทวีศิลป์, โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ธีรวัฒน์ ศรีตโยภาส. 2552. การประเมินสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 ที่พัฒนาจากข้าวโพดหวานประชากร KSC2(HI)C2 โดยการผสมกับตัวทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แม่. ใน: รายงานการ

ประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 123–130.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร, ตารางแสดงรายละเอียดข้าวโพดหวานปี 2563.

<https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/sweet%20corn63.pdf>, 28 พฤศจิกายน 2565.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร, ตารางแสดงรายละเอียดข้าวโพดหวานปี 2564.

<https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/sweet%20corn64.pdf>, 28 พฤศจิกายน 2565.

SAS Institute. 2002. SAS Language Guide for Personal Computers. SAS Institute Inc. North Carolina, NC, USA.

การประเมินวิธีการตรวจวัดกรดไขมันโอเมก้า-3 ในสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* sp. KLSc61Detection evaluation of omega-3 fatty acid in green alga *Chlorella* sp. KLSc61ณัฐนันท์ ปรีชาพลกุล¹, สุกฤต ศิริขวัญพงศ์², เชิดศักดิ์ มณีรัตน์รุ่งโรจน์^{1,*}Nathanan Preechaphonkul¹, Sukrit Sirikwanpong², Cherdasak Maneeruttanarungroj^{1,*}¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520²ภาควิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ กรุงเทพฯ 10330¹Department of Biology, School of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand²Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Allied Health Science, Chulalongkorn University Bangkok 10330, Thailand^{*}Corresponding author, E-mail address: cherdasak.ma@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

สาหร่าย *Chlorella* sp. KLSc61 สามารถผลิตกรดไขมันโอเมก้า-3 ได้ งานวิจัยครั้งนี้ประเมินวิธีการตรวจวัดไขมันดังกล่าวประกอบด้วย (1) เทคนิคไนล์เรดฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโกปี (2) เทคนิคการชั่งน้ำหนัก (3) เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแบบแมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) และ (4) เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแบบเปลวไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ (GC-FID) ผลการทดลองพบว่า (1) ชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลายมีผลต่อความยาวคลื่นที่ใช้ในการตรวจวัด อะซิโตนและ DMSO เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ช่วงความยาวคลื่นกว้าง รองลงมาคือ DMSO 20 เปอร์เซ็นต์ (2) น้ำหนักไขมันที่มีคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายแปดสายพันธุ์ พบว่า *Chlorella* sp. KLSc61 มีค่า 1,497.70 มิลลิกรัมต่อความขุ่นเซลล์ 750 นาโนเมตร ซึ่งมีมากเป็นอันดับที่สอง (3) ผลการตรวจสอบด้วย GC-MS ยังไม่สามารถยืนยันชนิดของกรดไขมันบางชนิดได้ และ (4) พบกรดไขมันแอลฟาไลโนเลอิก (ALA) และกรดไขมันดีเอชเอ (DHA) เมื่อตรวจสอบด้วย GC-FID การศึกษานี้พบว่ากรดไขมันโอเมก้า-3 ของสาหร่ายสีเขียวจากแหล่งน้ำจืดเหมาะสมที่จะตรวจสอบด้วยเทคนิค GC-FID

คำสำคัญ กรดไขมันโอเมก้า-3, แก๊สโครมาโตกราฟี, สีย้อมไนล์เรด, *Chlorella* sp. KLSc61

Abstract

Fresh water green alga *Chlorella* sp. KLSc61 can produce omega-3 fatty acid. This study focuses on detection evaluation of omega-3 oil in four methods, including (1) Nile red fluorescence method, (2) conventional gravimetry method, (3) gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and (4) gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID). The result showed that (1) solvent type and concentration affected wavelength during fluorescence detection. 10% acetone and DMSO resulted in the widest wavelength range for detection, followed by 20% DMSO. (2) When 8 algal oils were detected by gravimetry, the 2nd maximum chlorophyll-containing oil weight of 1,497.70 mg/OD₇₅₀ was found from *Chlorella* sp. KLSc61. (3) Lipid chromatogram was observed when detected using GC-MS, but type of some lipids could not be confirmed. (4) Alpha-linoleic acid (ALA) and DHA fatty acids were found, when detected by GC-FID. This study revealed that omega-3 oil from fresh water green algae was suitable for detection using GC-FID.

Keyword: *Chlorella* sp. KLSc61, Gas chromatography, Nile red, Omega-3 fatty acid

คำนำ

ปัจจุบันนอกจากสาหร่ายสีเขียวจะถูกใช้เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในฐานะแหล่งน้ำมันทดแทนแล้ว ยังพบว่ามีสาหร่ายหลายสายพันธุ์ที่มีการสะสมกรดไขมันโอเมก้า-3 ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น *Chlorella* sp., *Chlamydomonas variabilis*, *Spirulina platensis* เป็นต้น (Tao, 2015) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมอาหารสัตว์น้ำโดยการผสมผงสาหร่ายลงไปในการอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ (Byreddy et al., 2019) ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสำหรับผู้ทานอาหารมังสวิรัติและอาหารทางพืช (Plant-based food) (Caporgno et al., 2018) โดยทั่วไปสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก (microalgae) จะมีการสะสมไขมัน 20–50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง แต่ในบางสายพันธุ์ก็พบการสะสมได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Chisti, 2007) โดยพบกลุ่มไขมันทั้งไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ เช่น Linoleic acid (LA), Alpha-Linolenic Acid (ALA), Eicosapentaenoic acid (EPA) และ Docosahexaenoic acid (DHA) เป็นต้น หนึ่งในปัญหาของกระบวนการผลิตไขมันจากสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็กคือการคัดเลือกสาหร่ายที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไขมันที่อุตสาหกรรมต้องการ กระบวนการคัดเลือกในปัจจุบันมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและเนื่องจำนวนตัวอย่างมากทำให้ใช้เวลานานในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการที่รู้จักกันดีคือการสกัดไขมันและการชั่งน้ำหนัก (Gravimetry) หรือ การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas chromatography) ซึ่งวิธีเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ปริมาณชีวมวลเพียงพอ และใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างนาน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการศึกษาเทคนิคในตรวจวิเคราะห์ใหม่ที่มีความรวดเร็ว และใช้ปริมาณชีวมวลน้อยลง เช่น เทคนิคฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรสโกปี เป็นต้น

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ต้องการเปรียบเทียบเทคนิคฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรสโกปี เทคนิคการชั่งน้ำหนักและเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ในการวิเคราะห์กรดไขมันโอเมก้า-3 ในสาหร่าย *Chlorella* sp. KLS61 โดยเทคนิคการชั่งน้ำหนักมีการเปรียบเทียบกับสาหร่ายสีเขียวสายพันธุ์อื่น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็กเบื้องต้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สาหร่ายสีเขียวในการทดลอง

Chlorella sp. KLS61 คัดแยกโดย (Laokua et al., 2022), *Tetraspora* sp. CU2551 คัดแยกโดย เชิดศักดิ์ มณีรัตน์รุ่งโรจน์ และคณะ (2554) (Maneeruttanarungroj et al., 2010), *Chlorella* sp. KLS59 คัดแยกโดย ธนพร ศิริวัฒนามงคล และคณะ (2559) (Sirawattanamongkol et al., 2020), สาหร่ายสีเขียวรหัส A1 G1 P1 CUJR06 คัดแยกโดย ณัฐวิภา เหล่าเกื้อ และคณะ (2561) (ยังไม่เผยแพร่) และสาหร่ายสีเขียวรหัส Shell คัดแยกโดย รัชณีกร กลิ่นสาดี และคณะ (2565) (ยังไม่เผยแพร่)

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก

เตรียมหัวเชื้อสาหร่ายด้วยอาหารเหลวสูตร TAP (Tris-Acetate-Phosphate) (Gorman et al., 1965) โดยการนำโคโลนีเดี่ยวของสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก มาลงอาหารเหลวปริมาตร 20 มิลลิลิตร ประมาณ 1–2 โคโลนี ป่มในสภาวะเข้มแสง 3,500 ลักซ์ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พีเอชเริ่มต้น 7.0 เขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงเก็บเซลล์ที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 นาที เทส่วนใสทิ้ง ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การวิเคราะห์โดยเทคนิคฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรสโกปี

การวัดการเรืองแสงของไขมันด้วยการย้อมสีไนล์เรด (Alemán-Nava et al., 2016) ทำการเตรียมตัวอย่างในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตรจำนวน 4 หลอด ดังนี้ (1) สารละลายเอทานอล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร (2) DMSO ปริมาตร 2 มิลลิลิตร (3) อะซิโตน ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และ (4) DMSO และ เอทานอลชนิดละ 1 มิลลิลิตร ต่อมาเติมเซลล์สาหร่ายที่มีความขุ่นเริ่มต้นที่มี $OD_{750} = 0.2$ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้มีปริมาตรรวม 10 มิลลิลิตร จากนั้นแบ่งเป็นสองหลอด หลอดละ 5 มิลลิลิตร เป็นตัวควบคุมเชิงลบ (ไม่เติมไนล์เรด) และตัวอย่างที่เติมไนล์เรดเข้มข้น 4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เขย่าและบ่มมืดเป็นเวลา 10 นาที วิเคราะห์โดยใช้เครื่องฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรมิเตอร์ (Fluorescence spectrophotometer)

การวิเคราะห์โดยเทคนิคการชั่งน้ำหนัก

ทำการศึกษาโดยใช้สาหร่ายทั้งหมด 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *Chlorella* sp. KLSc61, *Tetraspora* sp. CU2551, *Chlorella* sp. KLSc59, A1, G1, P1, CUJR06 และ Shell หลังจากทำการเก็บเซลล์ที่ 3,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 6 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเจือจางลงในอาหารสูตร TAP ปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยคำนวณให้ความขุ่นเริ่มต้นความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เท่ากับ 0.1 โดยเลี้ยงเป็นระยะเวลา 7 วัน จากนั้นทำการเก็บเซลล์ที่ 3,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 6 นาที แล้วนำมาเติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการแตกเซลล์ด้วย sonicating probe เป็นเวลา 10 นาที (Pulse on 1.0 off 1.0 min) จากนั้นนำของเหลวทั้งหมดมาเติมคลอโรฟอร์มต่อเมทานอลต่อน้ำในอัตราส่วน 0.5:0.5:1 เทของผสมลงกรวยแยก เขย่าเป็นเวลา 5 นาที ตั้งทิ้งไว้จนสารแยกชั้นแล้วไซ้ชั้นคลอโรฟอร์มลงในบีกเกอร์ที่ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นไว้แล้ว นำไประเหยโดยใช้ความร้อนแล้วเป่าด้วยไนโตรเจน (Archer et al., 2019) จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักสุดท้าย

การวิเคราะห์โดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี

น้ำมันแห้งที่ได้จากการการชั่งน้ำหนักนำไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเบส (Base-catalyzed transesterification) โดยทำการเติมสารละลายเฮกเซน 1 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้เครื่อง vortex mixture 1 นาที เติมโซเดียมเมททอกไซด์ความเข้มข้น 25% v/v ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เขย่าเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเปิดส่วนใสหลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่อง spin-down เป็นเวลา 5 นาที ทำการเปิดส่วนใส vial ปริมาตร 200 ไมโครลิตร วิเคราะห์ไขมันโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแบบแมสสเปกโตรมิเตอร์ (Mass Spectrometer, MS) โดยใช้คอลัมน์ HP-5 50 m.×0.25 mm. i.d.×0.25 μm split ratio ที่ 10:1 อุณหภูมิคอลัมน์ 50 °C 3 นาที จากนั้นเร่งขึ้นไป 140 °C 5 นาที และสู่ 250 °C 42 นาที โดยอัตราเพิ่มคือ 20 °C ต่อนาที ในส่วน MS จะสแกนหามวลในช่วง 30–500 amu. อุณหภูมิ 230 °C โดยมี solvent delay 4 min ส่วน Quadrupole ตั้งอุณหภูมิที่ 150 °C ในส่วนของเฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ (Gas-chromatography flame Ionization Detector, FID) ใช้คอลัมน์ DB-23 30 m.×0.25 mm. i.d. × 0.25 μm split ratio ที่ 10:1 อุณหภูมิคอลัมน์ 50 °C 0.5 นาที จากนั้นเร่งขึ้นไป 150 °C ด้วยอัตราเพิ่ม 25 °C ต่อนาที จากนั้นเพิ่มเป็น 174 °C โดยอัตราเพิ่มคือ 2.3 °C ต่อนาที และสู่ 220 °C เป็นเวลา 3 นาทีโดยอัตราเพิ่มคือ 2.0 °C ต่อนาที อัตราไหลฮีเลียมรวม 13.8 มล.ต่อนาที ความดัน 82.2 kPa ใช้อุณหภูมิ FID 50 °C อัตราไหล H₂ Air make up เป็น 32 200 และ 24 มล.ต่อนาที ตามลำดับโดยใช้ไนโตรเจนแก๊ส ระบุชนิดกรดไขมันโดยใช้สารมาตรฐาน (Supelco 37 Component FAME Mix) และวิเคราะห์ปริมาณไขมันแบบ percent relative amount

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาการวิเคราะห์ไขมันโอเมก้า-3 โดยเทคนิคฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโคปี

ทำการศึกษาค่าผลของตัวทำละลายที่มีผลต่อการย้อมสีโดยใช้ไนล์เรด เป็นสารที่ใช้สำหรับการตรวจวัดไขมันเบื้องต้น ทำการศึกษาค่าผลของสารเคมี 4 สภาวะ ได้แก่ 1) เอทานอลเข้มข้น 20% 2) DMSO เข้มข้น 20% 3) อะซิโตนเข้มข้น 20% และ 4) DMSO เข้มข้น 10% กับอะซิโตนเข้มข้น 10% ที่มีผลต่อการซึมผ่านของผนังเซลล์เข้าไปจับกับไขมันภายในเซลล์สำหรับ *Chlorella* sp. KLS61 จาก Fig.1 พบว่าตัวทำละลายในแต่ละสภาวะมีผลต่อค่าการเรืองแสงของสีย้อมไนล์เรดจากฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรม 1) ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเอทานอลเท่ากับ 20% มี $\lambda_{\text{emission}}$ เท่ากับ 706 นาโนเมตร และ $\lambda_{\text{excitation}}$ เท่ากับ 540 นาโนเมตร ให้ค่าสัญญาณ อยู่ที่ 6.9×10^3 A.U. 2) สภาวะที่มีความเข้มข้นของ DMSO เท่ากับ 20% มี $\lambda_{\text{emission}}$ เท่ากับ 700 นาโนเมตร และ $\lambda_{\text{excitation}}$ เท่ากับ 514 นาโนเมตร ให้ค่าสัญญาณ อยู่ที่ 5.4×10^3 A.U. 3) สภาวะที่มีความเข้มข้นของอะซิโตนเท่ากับ 20% มี $\lambda_{\text{emission}}$ เท่ากับ 710 นาโนเมตร และ $\lambda_{\text{excitation}}$ เท่ากับ 526 นาโนเมตร ให้ค่าสัญญาณ อยู่ที่ 6.9×10^3 A.U. 4) สภาวะที่มีความเข้มข้น 10% DMSO และ 10% อะซิโตน มี $\lambda_{\text{emission}}$ เท่ากับ 696 นาโนเมตร และ $\lambda_{\text{excitation}}$ เท่ากับ 506 นาโนเมตร ให้ค่าสัญญาณอยู่ที่ 5.1×10^3 A.U. เมื่อพิจารณาจาก Fig.1 พบว่า บริเวณที่เป็นสีแดงคือช่วงที่มีค่าสัญญาณสูงสุด โดยสภาวะมีช่วงกว้างที่สุดคือ 10% DMSO และ 10% อะซิโตน รองลงมาคือ 20% DMSO, 20% อะซิโตน และสุดท้าย 20% เอทานอล ตามลำดับ เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงของเครื่องสเปกโตรฟลูออเรสเซนซ์ มีค่าการดูดกลืนแสงและค่าการเรืองแสงในช่วง $\lambda_{\text{emission}}$ เท่ากับ 680 นาโนเมตร และ $\lambda_{\text{excitation}}$ เท่ากับ 490 นาโนเมตร ใกล้เคียงกับช่วงความยาวคลื่นของ DMSO เข้มข้น 20% และให้ค่าสัญญาณที่สูงกว่า 10% DMSO และ 10% อะซิโตน เมื่อเทียบค่าสัญญาณที่จุดเดียวกัน ดังนั้นจึงเลือก DMSO เข้มข้น 20% มาวิเคราะห์หือทธิพลของเซลล์ต่อไป

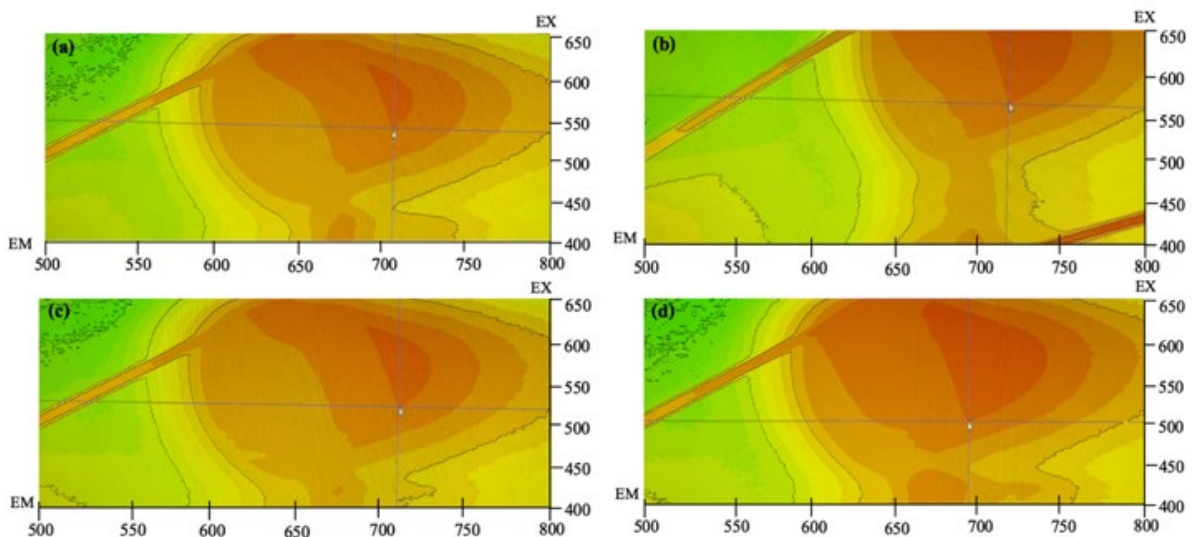


Fig. 1 effect of cell suspended in organic solvent to fluorescent emission/excitation of Nile red-stained in green microalgae *Chlorella* sp. KLS61 under different solvents, including a) 20% ethanol, b) 20% DMSO, c) 20% acetone d) 10% DMSO and 10% acetone (EM is emission wavelength and EX is excitation wavelength)

การศึกษาก่อนหน้าของสาหร่าย *Nannochloropsis oculata* และ *Tisochrysis lutea* ได้ทำการวิเคราะห์ที่ความยาวคลื่น λ_{ex} เท่ากับ 570 นาโนเมตร และ λ_{em} เท่ากับ 670 นาโนเมตร โดยมีความขุ่นของเซลล์ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เท่ากับ 0.2 (Balduyck *et al.*, 2015) ในรายงาน Chen *et al.*, (2009) ทำการศึกษาในสาหร่าย *Chlorella vulgaris* พบว่าช่วงที่เหมาะสมในการวัดค่าฟลูออเรสเซนซ์ ความยาวคลื่น λ_{ex} เท่ากับ 530 นาโนเมตร และ λ_{em} เท่ากับ 575 นาโนเมตร อยู่ในช่วงความขุ่นที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เท่ากับ 0.01–0.08 ดังนั้นจึงทำการวัดค่าสัญญาณในช่วง ความขุ่นที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เท่ากับ 0.01–0.15 ผลการทดลองดัง Fig.2 เห็นได้ว่า ค่าสัญญาณสูงสุดอยู่ที่ค่าความขุ่น 0.02–0.04 และ 0.10 มีค่าเท่ากับ 2.45×10^5 A.U. ค่าต่ำสุดมีค่าความขุ่น 0.15 มีค่าเท่ากับ 2.08×10^5 A.U. จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าสัญญาณมีการขึ้นลง ไม่เสถียร ในการประเมินไขมันโดยใช้สีย้อมนั้นเป็นวิธีการที่รวดเร็ว แต่ต้องมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในสาหร่ายแต่ละสายพันธุ์ โดยปัญหาของการใช้เทคนิคอาจจะเป็นที่การซึมผ่านของสีย้อมเข้าสู่เซลล์ ซึ่งความหนาและองค์ประกอบของผนังเซลล์ที่แตกต่างกันของสาหร่าย (Alemán *et al.*, 2016) ดังนั้นการใช้สีย้อมในการวิเคราะห์ไขมันโอเมก้า-3 เบื้องต้นของสาหร่าย *Chlorella* sp. KLSc61 ด้วยเทคนิคฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโคปี อาจจะต้องใช้ความยาวคลื่นที่ตรงกับฟลูออเรสเซนซ์สเปกตรัมสเปกตรัมจึงจะสามารถวัดค่าที่ถูกต้องได้ อย่างไรก็ตามวิธีการตรวจวัดนี้ยังไม่มีความจำเพาะต่อไขมันโอเมก้า-3

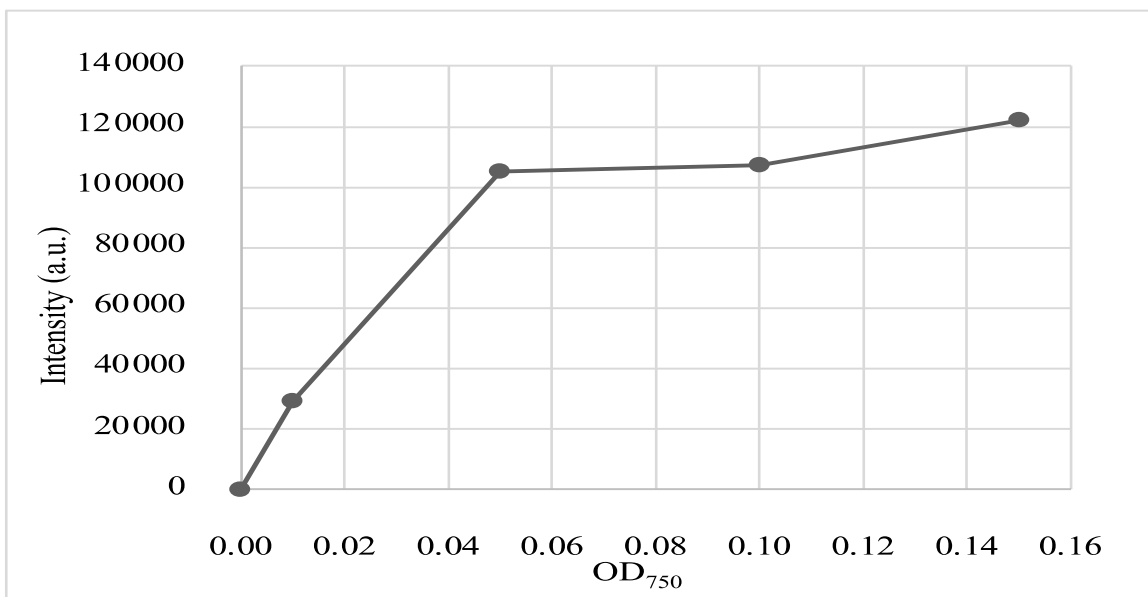


Fig. 2 effect of cell concentration on fluorescent intensity of green microalgae *Chlorella* sp. KLSc61.

Fluorescence determination excitation and emission wavelengths were 680 nm and 490 nm, respectively

ผลการศึกษารวิเคราะห์ไขมันโอเมก้า-3 โดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetry)

ผลการศึกษารวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยการชั่งน้ำหนักดัง Fig.3 สาหร่ายที่มีน้ำหนักสูงสุดสามอันดับแรก คือ *Tetraspora* sp. CU2551 คิดเป็น 2,017.70 มิลลิกรัมต่อความขุ่นเซลล์ *Chlorella* sp. KLSc61 คิดเป็น 1,497.70 มิลลิกรัมต่อความขุ่นเซลล์ และ สาหร่าย Shell คิดเป็น 1424.10 มิลลิกรัมต่อความขุ่นเซลล์ ในการทดลองเป็นการชั่งน้ำหนักไขมันรวมซึ่งยังคงมีคลอโรฟิลล์ปนเปื้อนอยู่ การศึกษาก่อนหน้านี้มีรายงานปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อน้ำหนักแห้งในสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรียอยู่ในช่วง 0.17–4.36 เปอร์เซ็นต์ (Piorreck *et al.*, 1984) โดยมีปริมาณไขมันรวมต่อน้ำหนักแห้งอยู่ที่ 20 – 50 เปอร์เซ็นต์ มีรายงานสาหร่าย 43 สายพันธุ์ในสกุล *Chlorella* sp. และ *Scenedesmus* sp. มีปริมาณไขมันต่อ

น้ำหนักแห้ง 20 – 51 % โดยสาหร่ายที่ให้ปริมาณสูงสุดคือ *Chlorella pyrenoidosa* เท่ากับ 51 % (Liu et al., 2011) หากคิดจากการคำนวณพบว่าปริมาณไขมันของ *Chlorella* sp. KLSc61 อยู่ในช่วง 29.95–74.86 % น้ำหนักแห้ง เมื่อทำการหักเปอร์เซ็นต์สูงสุดคลอโรฟิลล์จะมีปริมาณไขมันเท่ากับ 25.59–70.53 %

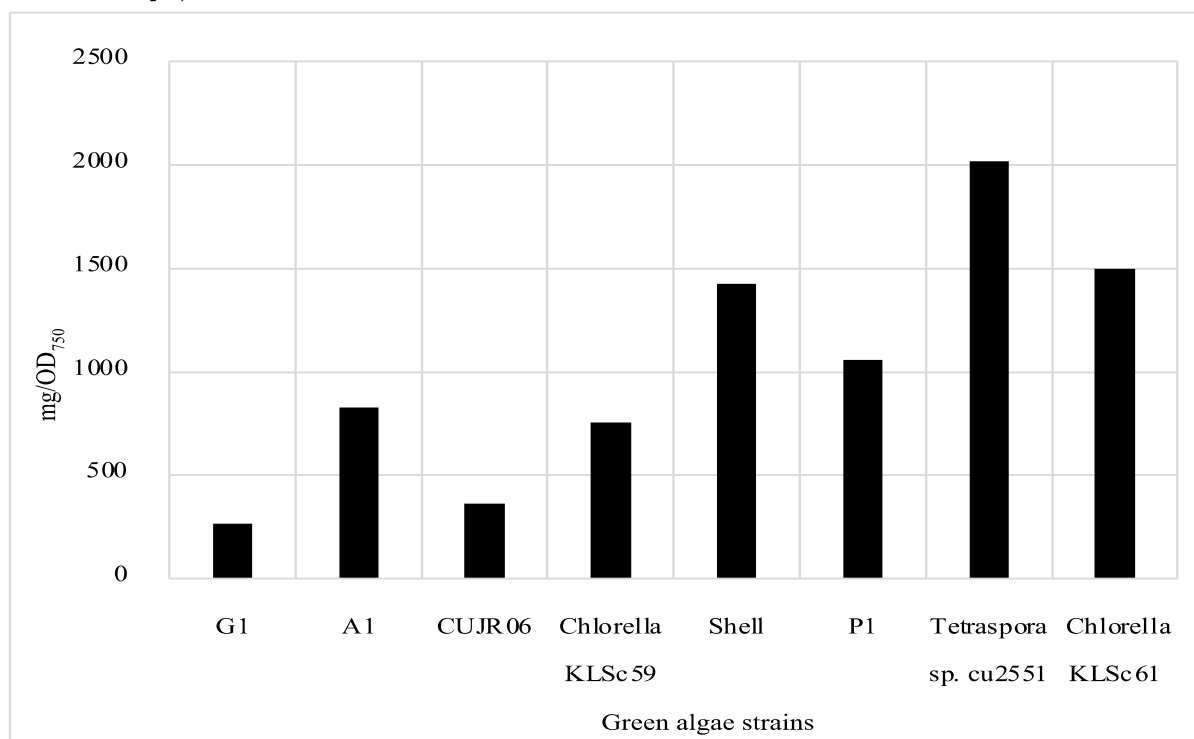


Fig. 3 Lipid content of 8 green microalgae determined by conventional gravimetry ($n = 1$)

ผลการศึกษารววิเคราะห์ไขมันโอเมก้า-3 โดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี

ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาวิถีการสังเคราะห์กรดไขมันในสาหร่าย ต้นแบบของสาหร่ายอ้างอิงมาจากวิถีของ *Arabidopsis thaliana* (Hallmann et al., 2019) โดยเส้นทางการสังเคราะห์ไขมันจะเริ่มจากปริมาณ malonyl-CoA จาก Acetyl-CoA โดยใช้เอนไซม์ ACCase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หลังจากนั้น malonyl-CoA จะเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์ไขมัน (Fatty acid synthesis, FAS) ซึ่งจะได้ไขมัน C16:0 และ C18:0 ถูกเก็บไว้ในคลอโรพลาสต์ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการต่อสายโซ่คาร์บอนและการเพิ่มพันธะคู่ จากการศึกษาพบว่าสาหร่ายขนาดเล็กมีเส้นทางการสังเคราะห์กรดไขมันโอเมก้า-3 ทาง $\Delta 6$ -pathway โดยเปลี่ยนกรดไขมันโอเมก้า-6 ไปเป็นโอเมก้า-3 โดยใช้เอนไซม์ $\Delta 15$ desaturase $\Delta 17$ desaturase และคาดว่าจะมีเอนไซม์ $\Delta 19$ desaturase อีกหนึ่งเอนไซม์ จาก Table 1 แสดงผลการวิเคราะห์โดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแบบแมสสเปคโตรมิเตอร์ (GC-MS) พบว่าเจอกรดไขมันทั้งหมด 4 ชนิด พบกรดไขมันปาล์มติก (C16:0) เป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือ (C18:1) และพบกรดไขมันไลโนเลอิกซึ่งคาดว่าจะสามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันโอเมก้า-3 ได้ แต่ไม่พบกรดไขมันสเตียริก (C18:0) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ควรจะมีเนื่องจากเส้นทางการสังเคราะห์ซึ่งคาดว่าจะเกิดจากคอแลมที่ใช้ในการตรวจวัดคือ HP-5 เหมาะสำหรับการสารประกอบฟีนอลิกและกรดไขมันแต่อาจจะไม่เหมาะสำหรับการตรวจวัดกรดไขมันที่ถูกเอสเทอร์ฟิเคชันแล้ว ดังนั้นจึงได้นำตัวอย่างไปวิเคราะห์โดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแบบเฟลมไอออนเซชัน (GC-FID) ซึ่งมีสารมาตรฐานในการเทียบเวลา (retention time) ได้ผลการทดลองดัง Table 2 ตรวจพบกรดไขมันปาล์มติกและกรดไขมันสเตียริก นอกจากนี้ยังตรวจพบกรดไขมันแอลฟา-ไลโนเลอิก (ALA) และกรดไขมันดีเอชเอ (DHA) ซึ่งเป็นกลุ่มของโอเมก้า-3 มีสัดส่วนเท่ากับ 40.63 และ 3.11 เปอร์เซ็นต์ (percent relative amount) ตามลำดับ

เห็นได้ว่าการศึกษากาววิเคราะห์กรดไขมันโอเมก้า-3 โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแบบแบบเฟลมไอออนในเซชันให้ผลการทดลองที่ละเอียดมากกว่าเนื่องจากคอลัมน์ที่มีความเป็นขั้วและมักใช้ในการวิเคราะห์ไขมันในการศึกษาที่ผ่านมา อีกทั้งยังมีสารมาตรฐาน ที่ครอบคลุมการตรวจวัดกรดไขมันโอเมก้า-3 (ALA, EPA และ DHA) ซึ่งเป็นการตรวจวัดที่ให้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือมากกว่าเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแบบแมสสเปคโตรมิเตอร์

Table 1 Relative proportion of fatty acids detected in *Chlorella* sp. KLSc61 over 7 days by GC-MS ($n = 1$)

No.	Common name	Systematic name	Abbreviation	Aera	% Aera
1	Palmitic acid	Hexadecanoic acid	C16:0	1,000,722	55.38
2	Palmitoleic acid	9-hexadecatrienoic acid	C16:1	137,084	7.59
3	Oleic acid	9-Octadecenoic	C18:1	377,595	20.90
4	Linoleic acid	cis-9,12-Octadecadienoic	C18:2	291,493	16.13
sum of corrected area				1,806,894	100

Table 2 Relative proportion of fatty acids detected in *Chlorella* sp. KLSc61 over 7 days by GC-FID ($n = 3$).

The result was express as mean \pm standard deviation

Peak	Common name	Systematic name	Abbreviation	Area	%Aera
1	Caproic acid	Hexanoic acid	C6:0	5,385.33	2.11 \pm 0.50
2	Caprylic acid	Octanoic acid	C8:0	5,318.67	2.15 \pm 0.74
3	Capric acid	Decanoic acid	C10:0	4,072.67	1.62 \pm 0.48
4	Undecylic acid	Undecanoic acid	C11:0	4,534.33	1.43 \pm 0.78
5	Lauric acid	Dodecanoic acid	C12:0	2,565.67	1.00 \pm 0.25
6	Myristic acid	Tetradecanoic acid	C14:0	1,399.00	0.40 \pm 0.39
7	Pentadecylic acid	Pentadecanoic acid	C15:0	6,681.67	2.08 \pm 1.59
8	Palmitic acid	Hexadecanoic acid	C16:0	42,097.33	16.10 \pm 2.75
9	Palmitoleic acid	9-hexadecenoic acid	C16:1	4,406.67	1.73 \pm 0.46
10	Margaric acid	Heptadecanoic acid	C17:0	14,894.67	4.43 \pm 3.67
11	Heptadecenoic acid	cis-10-Heptadecenoic acid	C17:1	5,812.00	2.16 \pm 0.30
12	Stearic acid	Octadecanoic acid	C18:0	4,955.33	1.83 \pm 0.55
13	Oleic acid	cis-9-octadecenoic acid	C18:1-cis	5,561.33	2.09 \pm 0.65
14	Linoleic acid	cis-9,12-octadecadienoic acid	C18:2-cis	32,353.00	11.91 \pm 0.99
15	α -Linolenic acid	9,12,15-octadecatrienoic acid	C18:3 n3	108,294.67	40.63 \pm 6.09
16	Erucic acid	13-docosenoic acid	C22:1	10,430.00	3.14 \pm 2.97
17	Docosadienoic acid	13,16-docosadienoic acid	C22:2	2,874.67	1.07 \pm 0.53
18	Docosahexaenoic acid (DHA)	4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid	C22:6 n3	10,524.67	3.11 \pm 3.16
19	Nervonic acid	Z)-tetracos-15-enoic acid	C24:1	2,409.67	1.01 \pm 0.45
Total				274,571.33	100.00

สรุป

จากการประเมินวิธีการวัดกรดไขมันโอเมก้า-3 ในสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* sp. KLSc61 จากทั้งสองวิธีพบว่า การตรวจวัดโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแบบเฟลมไอออนในเซชันสามารถตรวจวัดกรดไขมันโอเมก้า-3 ได้แก่ กรดไขมันแอลฟา-ไลโนเลอิก (ALA) และกรดไขมันดีเอสเอ (DHA) ซึ่งเป็นกลุ่มของโอเมก้า-3 เนื่องจากชนิดของคอลัมน์มีความจำเพาะต่อตัวอย่าง และมีสารมาตรฐานมาเป็นตัวเปรียบเทียบ สำหรับการตรวจวัดโดยการย้อมด้วยไนล์โรดและการซึ่งน้ำหนักเป็นการศึกษาปริมาณไขมันเบื้องต้นสำหรับแยกเพื่อสาหร่ายสายพันธุ์ที่มีปริมาณไขมันสูงเท่านั้น แต่ไม่สามารถ

วิเคราะห์ได้ว่าไขมันนั้นประกอบได้ด้วยกรดไขมันชนิดใดบ้าง ซึ่งสุดท้ายต้องนำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีในการระบุกรดไขมันโอเมก้า- 3ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. เชิดศักดิ์ มณีรัตนรุ่งโรจน์ และ ผศ.ดร. สุกฤต ศิริขวัญพงศ์ ที่คอยให้คำปรึกษา ความรู้และให้ความช่วยเหลือตลอดมา ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการการทดลองและเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาชีววิทยา รวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการให้คำปรึกษาและให้เครื่องมือในการวิเคราะห์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรเมทรีและแก๊สโครมาโตกราฟีแบบแมสสเปคโตรมิเตอร์

เอกสารอ้างอิง

- Alemán-Nava, G. S., Cuellar-Bermudez, S. P., Cuaresma, M., Bosma, R., Muylaert, K., Rittmann, B. E., Parra, R. 2016. How to use Nile Red, a selective fluorescent stain for microalgal neutral lipids. *J. Microbiol. Methods.* 128: 74–79. doi.org/10.1016/j.mimet.2016.07.011
- Archer, L., Mc Gee, D., Paskuliakova, A., McCoy, G. R., Smyth, T., Gillespie, E., Touzet, N. 2019. Fatty acid profiling of new Irish microalgal isolates producing the high-value metabolites EPA and DHA. *Algal Res.* 44: 101671. doi.org/10.1016/j.algal.2019.101671
- Balduyck, L., Veryser, C., Goiris, K., Bruneel, C., Muylaert, K., Foubert, I. 2015. Optimization of a Nile Red method for rapid lipid determination in autotrophic, marine microalgae is species dependent. *J. Microbiol. Methods.* 118: 152–158. doi.org/10.1016/j.mimet.2015.09.009
- Byreddy, A. R., Yoganantharjah, P., Gupta, A., Gibert, Y., Puri, M. 2019. Suitability of novel algal biomass as fish feed: accumulation and distribution of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid in zebrafish. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 188: 112–123. doi:10.1007/s12010-018-2906-0
- Caporgno, M.P., Mathys, A. 2018. Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Front. Nutr.* 5: 58. doi.org/10.3389/fnut.2018.00058
- Chen, W., Zhang, C., Song, L., Sommerfeld, M., Hu, Q. 2009. A high throughput Nile red method for quantitative measurement of neutral lipids in microalgae. *J. Microbiol. Methods:* 77: 41–47. doi.org/10.1016/j.mimet.2009.01.001
- Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnol. Adv.* 25: 294–306. doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001
- Gorman, D.S., Levine, R.P. 1965. Cytochrome f and plastocyanin: Their sequence in the photosynthetic electron transport chain of *Chlamydomonas reinhardtii*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 54: 1665–1669. 10.1073/pnas.54.6.1665
- Hallmann, A., & Rampelotto, P. H. (Eds.). 2019. *Grand Challenges in Algae Biotechnology*. Springer International Publishing.

- Laokua, N., Rittayan, N., Kornrawudaphikasama, Y., Klinsalee, R., Tonawut, Y., Preechaphonkul, N. & Maneeruttanarungroj, C. 2022. Optimal conditions for maximized H₂ yield from a new green algal strain *Chlorella* sp. KLSc61. J Appl Phycol. 34: 1909–1919. doi.org/10.1007/s10811-022-02779-y
- Liu, A. Y., Wei, C.H.E.N., Zheng, L.L., Song, L.R. 2011. Identification of high-lipid producers for biodiesel production from forty-three green algal isolates in China. Prog. Nat. Sci. 21: 269–276. doi.org/10.1016/S1002-0071(12)60057-4
- Maneeruttanarungroj, C., Lindblad, P., Incharoensakdi, A. 2010. A newly isolated green alga, *Tetraspora* sp. CU2551, from Thailand with efficient hydrogen production. Int. J. Hydrog. Energy. 35: 13193–13199. doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.08.096
- Piorreck, M., Baasch, K.H., Pohl, P. 1984. Biomass production, total protein, chlorophylls, lipids and fatty acids of freshwater green and blue-green algae under different nitrogen regimes. Phytochem. 23: 207–216. 10.1016/S0031-9422(00)80304-0
- Sirawattanamongkol, T., Maswanna, T., & Maneeruttanarungroj, C. 2020. A newly isolated green alga *Chlorella* sp. KLSc59: potential for biohydrogen production. J. Appl. Phycol. 32: 2927–2936. doi.org/10.1007/s10811-020-02140-1

สาขาสัตว์

(Subject: Animals)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

การเจริญเติบโตของกระบือปลักไทยและความสัมพันธ์กับคุณภาพการเลี้ยงของเกษตรกร Growth performance of Thai swamp buffaloes and their relationship with husbandry quality of farmers

สุพชัย ปัญญาเอก^a, ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี^b, สวัสดิ์ ธรรมบุตร^a, สโรชิตา แสงจง^b, ศกร คุณวุฒิตริตรอน^{b,*}
Supachai Panya-ek^a, Thanathip Suwanasopee^b, Sawat Thummabood^a, Sarochita Sangjong^b, Skorn Koonawootrittriron^{b,*}

^aโครงการฟาร์มกระบือทันสมัย มูลนิธิเจริญโภคภัณฑ์ อาคารซีพีทาวเวอร์ กรุงเทพฯ 10500

^bภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aBuffalo Modern Farm project, Charoen Pokphand Foundation, CP Tower Bldg., Bangkok 10500, Thailand

^bDepartment of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrskk@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ข้อมูลความยาวรอบอก ความสูงไหล่ ความยาวลำตัว และน้ำหนักของกระบือปลักไทย (เพศผู้ 494 ตัว และเพศเมีย 869 ตัว) ที่เกิดในช่วง พ.ศ. 2556-2565 และได้รับการเลี้ยงดูโดยเกษตรกร 41 ฟาร์ม (5 จังหวัด) ถูกนำมาประเมินการเจริญเติบโตและความสัมพันธ์กับคุณภาพการเลี้ยงของเกษตรกร หุ่นจำลองทางสถิติเชิงเส้นตรงแบบผสมพิจารณาปีเกิดและเพศเป็นปัจจัยกำหนด และพิจารณาฟาร์มและปัจจัยอื่นเป็นปัจจัยสุ่ม ค่าเฉลี่ยลีสแควร์ถูกประมาณและใช้เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มปัจจัย ขนาดร่างกาย และน้ำหนักที่อายุแรกเกิด 240, 400, 600 และ 720 วัน ของกระบือปลักไทยถูกรายงานค่าเช่นเดียวกับความมื่อทธิพลของปีเกิดและเพศ ความแตกต่างในขนาดและน้ำหนักของกระบือปลักไทยมีความสัมพันธ์กับความแตกต่างในคุณภาพการเลี้ยงของเกษตรกร ร้อยละ 14.43 สำหรับความยาวลำตัวเมื่อแรกเกิด ถึง ร้อยละ 62.02 สำหรับความยาวรอบอกเมื่ออายุ 720 วัน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงโอกาสและความท้าทายในการส่งเสริมการผลิตกระบือปลักไทยของเกษตรกรให้มีศักยภาพดีและสม่ำเสมอเพียงพอต่อใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์และธุรกิจ

คำสำคัญ: กระบือ, การเจริญเติบโต, การปรับปรุงพันธุ์, เซตร้อนชื้น, ความยั่งยืน

Abstract

Data on heart girth, shoulder height, body length, and weight of Thai swamp buffaloes (494 males and 869 females) born during 2013-2022 and raised by farmers in 41 farms (5 provinces) were used to assess the growth and its relationship with husbandry quality of the farmers. The general mixed linear model considered the year of birth and sex as the fixed factors and considered farm and residuals as random factors. Least square means were estimated and used for comparison between groups of the considered factors. Body size and weight at birth, 240, 400, 600, and 720 days of the age of Thai swamp buffaloes were reported as well as the influence of birth year and sex. Differences in size and weight of Thai swamp buffaloes were associated with differences in husbandry quality among farmers, ranging from 14.43 percent for body length at birth to 62.02 percent for heart girth at 720 days of age. The study reveals opportunities and challenges in promoting Thai swamp buffalo production for farmers to have good potential and consistent enough for conservation and business use.

Keywords: Breeding, Buffaloes, Growth, Sustainability, Tropical

คำนำ

กระบือปลักไทย (Swamp Buffalo; *Bubalus bubalis carabanesis*) เป็นกระบือหนึ่งในสองกลุ่มของกระบือน้ำ (Water Buffalo) ซึ่งมีความเป็นเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมแตกต่างจากกระบือปลักกลุ่มอื่นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Pineda et al., 2021) และกระบือแม่น้ำ (River Buffalo; *Bubalus bubalis bubalis*; Minervino et al., 2020) ในอดีตกระบือปลักไทยถูกใช้เป็นแรงงานในการกสิกรรม และร่วมเป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิตและวัฒนธรรมของคนไทย ที่ผ่านมามีจำนวนกระบือและผู้เลี้ยงกระบือในประเทศไทยลดลงอย่างต่อเนื่องและเสี่ยงต่อการสูญเสียด้านพันธุกรรม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในวิถีชีวิตของเกษตรกร การใช้เทคโนโลยีทดแทนแรงงานกระบือ และการแข่งขันทางเศรษฐกิจและสังคม กอปรกับเกษตรกรที่เลี้ยงกระบือปลักไทยส่วนใหญ่ยังคงขาดความรู้ ความเข้าใจ และไม่ให้ความสำคัญกับการผลิตกระบือคุณภาพ ทั้งในด้านการจัดการเลี้ยงดู การผลิต และการปรับปรุงพันธุ์อย่างเพียงพอและเหมาะสม ส่งผลให้กระบือด้อยคุณภาพและไม่สามารถสร้างแรงจูงใจทางธุรกิจและความน่าสนใจในตลาดได้ ส่วนกระบือรูปร่างดีถูกจำหน่ายออกไปในตลาดต่างประเทศแทนที่จะเก็บรักษาไว้สืบทอดทางพันธุกรรม เพื่อการอนุรักษ์ พัฒนา และรักษาจำนวนกระบือให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ประเทศไทยจำเป็นต้องเร่งพัฒนาศักยภาพทางพันธุกรรม เพิ่มประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ และเพิ่มคุณภาพของผลผลิตของกระบือในระดับฟาร์ม ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดและการแข่งขันทางธุรกิจ รวมทั้งพัฒนาฐานข้อมูล ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะของเกษตรกรให้สามารถผลิตกระบือได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีคุณภาพดีเพียงพอต่อการสร้างโอกาส รายได้ และผลตอบแทนทางธุรกิจจากการผลิตกระบือของเกษตรกรได้อย่างเพียงพอ ต่อเนื่อง และยั่งยืน

มูลนิธิเจริญโภคภัณฑ์ จัดทำโครงการฟาร์มกระบือทันสมัย และเริ่มดำเนินงาน ตั้งแต่วันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จนถึงปัจจุบัน โดยมอบแม่พันธุ์กระบือ อายุประมาณ 3–4 ปี จำนวน 8 ตัวต่อฟาร์ม ให้แก่เกษตรกรรวม 43 ฟาร์มที่อาศัยอยู่ใน 7 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี นครพนม บึงกาฬ และเลย แม่พันธุ์กระบือแต่ละตัวได้รับการผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อพันธุ์แช่แข็งจากพ่อพันธุ์ที่ชนะการประกวดระดับประเทศ หรือที่ได้รับการผสมจริงโดยพ่อพันธุ์ที่เป็นลูกของพ่อพันธุ์ชนะการประกวดหรือพ่อพันธุ์จากฟาร์มทั่วไป โดยมีเป้าหมายในการพัฒนาพันธุกรรม สำหรับรูปร่าง (รอบอกใหญ่ ลำตัวยาว สูง สง่า) และการเจริญเติบโต (น้ำหนักตัว) ที่อายุต่าง ๆ ทั้งนี้ ลูกกระบือปลักแต่ละตัวจะได้รับการกำหนดชื่อ หมายเลขประจำตัว บันทึกพันธุประวัติ ซึ่งน้ำหนัก และวัดสัดส่วนร่างกาย เพื่อใช้ในการคัดเลือกและจับคู่ผสมพันธุ์ ข้อมูลสมรรถภาพการเจริญเติบโต (ขนาดและน้ำหนักร่างกาย) ของกระบือเหล่านี้ น่าจะสามารถสร้างประโยชน์ต่อการส่งเสริมการอนุรักษ์และพัฒนาศักยภาพการผลิตและการปรับปรุงพันธุ์กระบือปลักไทย การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการเจริญเติบโต (ขนาดร่างกายและน้ำหนัก) ของกระบือปลักไทย และประมาณความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของกระบือปลักไทยกับคุณภาพการเลี้ยงของเกษตรกร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดแผนการปรับปรุงพันธุ์และส่งเสริมการผลิตกระบือในภาคสนามให้สัมฤทธิ์ผล และสอดคล้องกับการอนุรักษ์และพัฒนาการผลิตกระบือปลักไทยให้อยู่คู่กับสังคมไทยได้อย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรกระบือปลักไทย (Swamp buffalo) ที่ศึกษาเป็นกลุ่มกระบือปลักที่ได้รับหรือเกิดจากพ่อแม่กระบือปลักที่เกษตรกร 41 ฟาร์ม ใน 5 จังหวัด (ได้แก่ เลย นครพนม บึงกาฬ ศรีสะเกษ สุรินทร์ และ อุบลราชธานี) เลี้ยงดูภายใต้โครงการฟาร์มกระบือทันสมัยที่สนับสนุนโดยมูลนิธิเจริญโภคภัณฑ์ กระบือปลักไทยเหล่านี้ (เพศผู้ 494 ตัว และเพศเมีย 869 ตัว รวม 1,363 ตัว) เกิด ในช่วง พ.ศ. 2556–2565 ถูกเลี้ยงดูและจัดการฟาร์มตามคำแนะนำและส่งเสริมโดยทีมสัตว

บาลของโครงการฯ ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกันไปตามโอกาสและความสามารถในการจัดหาและบริหารจัดการวัตถุดิบอาหารสัตว์ พื้นที่ ทรัพยากร ความรู้ และความเข้าใจที่เกษตรกรแต่ละรายมี

โดยทั่วไป ลูกกระบือปลักไทยถูกปล่อยให้อยู่กับแม่จนกระทั่งหย่านม ที่อายุประมาณ 8–9 เดือน (240–270 วัน) เมื่อกระบือปลักไทยเพศเมียถึงวัยเจริญพันธุ์และมีความพร้อมในการผสมพันธุ์จะได้รับการผสมพันธุ์ ส่วนจะเป็นการผสมเทียมหรือผสมจริง นั้นขึ้นอยู่กับพิจารณาปัจจัยแวดล้อม (เช่น พันธุ์ประวัติ ลักษณะของแม่พันธุ์ ความพร้อมในการดำเนินงาน ฯลฯ) และการให้คำแนะนำของสัตวบาลในโครงการฯ โดยขนาด รูปร่าง และการเจริญเติบโตเป็นลักษณะหลักที่ใช้ในการคัดเลือกและจับคู่ผสมพันธุ์กระบือปลักไทยพ่อแม่พันธุ์

เมื่อแม่กระบือปลักไทยอุ้มท้องและคลอดลูก ลูกกระบือปลักไทยถูกบันทึกพันธุ์ประวัติ กำหนดเพศ และจัดเก็บข้อมูลขนาดร่างกายและน้ำหนักตัวเมื่อแรกเกิดและเมื่ออายุ 240, 400, 600 และ 720 วัน ตามลำดับ เว้นแต่ กระบือปลักไทยบางตัวมีปัญหาเรื่องสุขภาพ เสียชีวิต หรือถูกจำหน่ายออกไปก่อนถึงเวลาวัดขนาดร่างกาย ในการวัดขนาดร่างกายของกระบือปลักไทยที่อายุต่าง ๆ ความยาวรอบอก (Heart girth; ซม.) ถูกวัดบริเวณซอกขาหน้าด้วยสายเทป ความสูง (Height; ซม.) ถูกวัดบริเวณด้านข้างของขาหน้าจากพื้นถึงส่วนที่สูงที่สุดของหลังบริเวณไหล่ ความยาวลำตัว (Body length; ซม.) ถูกวัดจากกระดูกหัวไหล่ตรงไปยังกระดูกก้นกบ ด้วยข้อจำกัดในอุปกรณ์และการปฏิบัติงานในพื้นที่ น้ำหนักตัว (Body weight; กก.) ถูกคำนวณจาก $[(\text{ความยาวรอบอก}/2.54)^2 \times (\text{ความยาวลำตัว}/2.54)]/300/2.20$ ซึ่งดัดแปลงจาก Johnson et al. (1939)

การวัดขนาดร่างกายดำเนินการโดยทีมสัตวบาลของโครงการฯ ผ่านความร่วมมือของเกษตรกรแต่ละราย ลูกกระบือปลักทุกตัวในแต่ละฟาร์มถูกปล่อยเลี้ยงร่วมกับแม่กระบือปลักไทย และหย่านมที่อายุประมาณ 8 เดือน (240 วัน) หลังจากนั้น กระบือปลักไทยเพศผู้และเพศเมียถูกเลี้ยงดูต่อจนกระทั่งถึงวัยเจริญพันธุ์ จึงถูกคัดเลือกและใช้ประโยชน์ทดแทนกระบือปลักไทยรุ่นก่อนหน้าเพื่อขยายพันธุ์และเพิ่มจำนวนกระบือปลักไทยในประชากร กระบือปลักไทยบางตัวที่มีรูปร่างดีอาจถูกคัดเลือกเพื่อจำหน่ายสำหรับการใช้ประโยชน์เป็นพ่อแม่พันธุ์และการขุน

ข้อมูลขนาดร่างกายและน้ำหนักที่อายุแรกเกิด, 240, 400, 600 และ 720 วัน ของกระบือปลักไทยที่เลี้ยงดูโดยเกษตรกร (41 ราย) ในโครงการฯ ถูกนำมาวิเคราะห์และพรรณนาทางสถิติ หุ่นจำลองทางสถิติเชิงเส้นตรงแบบผสม (Mixed Linear Model) ที่พิจารณาปีเกิด (กระบือที่เกิดในปีเดียวกันได้รับการจัดการและสิ่งแวดล้อมเหมือนกัน) และเพศเป็นปัจจัยกำหนด (fixed effects) และพิจารณาฟาร์มและปัจจัยอื่นเป็นปัจจัยสุ่ม (random effects; IID (\bar{X}, Var)) ถูกนำมาใช้อธิบายปัจจัยที่มีอิทธิพลและองค์ประกอบของความผันแปรสำหรับแต่ละลักษณะที่ศึกษา ฟาร์มแต่ละฟาร์ม (เกษตรกรแต่ละราย) ถูกสมมติให้ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน ความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่พิจารณาถูกทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยสี่สควอร์ของแต่ละลักษณะถูกประมาณค่าและใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ละคู่ด้วยวิธี t-test

องค์ประกอบของความผันแปร (Variance component) ได้แก่ ความผันแปรในการแสดงออกของลักษณะที่ศึกษาระหว่างกระบือปลักไทยแต่ละตัว (V_p ; phenotypic variance) ความผันแปรของฟาร์มแต่ละฟาร์ม (V_f ; farm variance) และความผันแปรของความคลาดเคลื่อน (V_e ; residual variance) ถูกประมาณค่าด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) สัดส่วนความผันแปรระหว่างฟาร์มและลักษณะที่พิจารณา (V_f/V_p) ถูกคำนวณค่าและใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความผันแปร (หรือความแตกต่าง) ในการแสดงลักษณะที่ศึกษาของกระบือปลักไทยแต่ละตัว และ ความผันแปร (หรือความแตกต่าง) ระหว่างฟาร์มแต่ละฟาร์มที่เลี้ยงดูกระบือปลักไทยแต่ละตัวเหล่านั้น

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ในภาพรวม เมื่อแรกคลอดและอายุ 240, 400, 600, และ 720 วัน กระบือปลักไทยในประชากรที่ศึกษามีความยาวรอบอกเฉลี่ย 71.86 (SD = 7.23) ซม., 128.61 (SD = 15.57) ซม., 146.10 (SD = 13.98) ซม., 157.21 (SD = 13.52) ซม., และ 168.22 (SD = 14.88) ซม. ตามลำดับ มีความสูงเฉลี่ย 68.08 (SD = 6.19) ซม., 103.82 (SD = 8.30) ซม., 111.21 (SD = 7.54) ซม., 116.92 (SD = 6.60) ซม., และ 121.31 (SD = 7.21) ซม. ตามลำดับ, มีความยาวลำตัวเฉลี่ย 59.87 (SD = 6.77) ซม., 99.24 (SD = 9.42) ซม., 108.52 (SD = 8.75) ซม., 115.48 (SD = 8.36) ซม., และ 121.70 (SD = 10.17) ซม. ตามลำดับ และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 28.08 (SD = 6.66) กก., 153.20 (SD = 46.52) กก., 215.24 (SD = 54.99) กก., 262.33 (SD = 58.19) กก., และ 317.92 (SD = 75.97) กก. ตามลำดับ สัมประสิทธิ์ของความผันแปร (coefficient of variation) สำหรับขนาดร่างกายในทุกช่วงอายุ มีค่าอยู่ในช่วง 0.06–0.12 ในขณะที่น้ำหนักตัวมีค่าอยู่ในช่วง 0.22–0.30 ความแตกต่างในค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรนี้ชี้ให้เห็นว่า กระบือปลักไทยแต่ละตัวมีน้ำหนักผันแปรแตกต่างกันมากกว่าขนาดร่างกาย (รอบอก ความสูง และความยาวลำตัว)

Table 1 Body size and weight at birth, 240 days, 400 days, 600 days, and 720 days of age of Thai swamp buffaloes raised by farmers

Traits	At birth	Age 240 days	Age 400 days	Age 600 days	Age 720 days
Heart girth (cm)					
Male	73.79±0.85*	129.08±2.04	146.44±1.72 ^a	160.82±2.19	173.94±2.44
Female	73.00±0.85	127.53±2.04	144.54±1.71 ^b	159.38±2.12	170.61±2.32
Height (cm)					
Male	69.01±0.73	104.04±0.97	111.79±0.86 ^a	116.11±1.07	122.97±1.20 ^a
Female	68.40±0.72	103.09±0.96	110.43±0.85 ^b	115.38±1.04	121.38±1.11 ^b
Body length (cm)					
Male	60.30±0.71	97.84±1.03	109.35±1.00 ^a	116.73±1.33 ^a	126.48±1.60 ^a
Female	60.04±0.70	98.06±1.02	107.21±0.99 ^b	115.13±1.28 ^b	123.45±1.48 ^b
Body weight (kg) ¹					
Male	29.58±0.75	151.74±5.95	217.46±6.72 ^a	280.17±9.33 ^a	352.85±12.43 ^a
Female	28.99±0.74	147.98±5.92	208.33±6.69 ^b	271.11±9.03 ^b	332.88±11.77 ^b

* Least square mean ± standard error, ^{a,b} least square means with different superscripts are significantly differ at $p < 0.05$, ¹ The estimated weight according to a formular explained by Johnson et al. (1939).

ปีที่กระบือปลักไทยเกิดและเพศมีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษาแตกต่างกันไป โดยปีที่กระบือปลักไทยเกิดมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อทุกลักษณะ ยกเว้น ความยาวลำตัวเมื่อแรกเกิด ($p = 0.13$) และอายุ 600 วัน ($p = 0.22$) และความสูงที่อายุ 240 ($p = 0.22$) และ 720 ($p = 0.52$) วัน ส่วนเพศของกระบือปลักไทยนั้นมีนัยสำคัญต่อทุกลักษณะที่อายุ 400 วัน ($p < 0.05$) มีนัยสำคัญต่อความยาวลำตัวและน้ำหนักที่อายุ 600 วัน ($p < 0.05$) และมีความสำคัญต่อความยาวลำตัว และน้ำหนักที่อายุ 720 วัน ($p < 0.05$) ขนาดและน้ำหนักเฉลี่ยที่อายุแรกเกิด, 240, 400, 600 และ 720 วัน ของกระบือปลักไทยเพศผู้และเพศเมีย ปรากฏใน Table 1

สัดส่วนความผันแปรระหว่างฟาร์มและลักษณะที่พิจารณา (Table 2) ในภาพรวมอยู่ในช่วง 0.1443 (ความยาวลำตัว เมื่อแรกเกิด) ถึง 0.6202 (ความยาวรอบอก เมื่ออายุ 720 วัน) หากพิจารณาที่อายุแตกต่างกัน สัดส่วนความผันแปรระหว่างฟาร์มและลักษณะที่พิจารณามีค่าอยู่ในช่วง 0.1443 (ความยาวลำตัว) ถึง 0.3188 (ความยาวรอบอก) เมื่อแรกเกิด , 0.2885 (ความยาวลำตัว) ถึง 0.5562 (ความยาวรอบอก) เมื่ออายุ 240 วัน, 0.3576 (ความสูง) ถึง 0.5310 (น้ำหนักตัว) เมื่ออายุ 400 วัน, 0.4348 (ความยาวลำตัว) ถึง 0.5578 (ความยาวรอบอก) เมื่ออายุ 600 วัน, และ 0.3986 (ความยาวลำตัว) ถึง 0.6202 (ความยาวรอบอก) เมื่ออายุ 720 วัน ตามลำดับ

Table 2 Association between farms and traits (heart girth, height, body length, and body weight) variances measured at birth, 240 days, 400 days, 600 days, and 720 days of age of Thai swamp buffaloes raised by farmers

Traits	At Birth	Age 240 days	Age 400 days	Age 600 days	Age 720 days
Heart girth (cm)	0.3188	0.5562	0.5016	0.5578	0.6202
Height (cm)	0.3130	0.3417	0.3576	0.4522	0.4419
Body length (cm)	0.1443	0.2855	0.3710	0.4348	0.3986
Body weight (kg)	0.2435	0.5296	0.5310	0.5329	0.5886

โดยทั่วไป แม้ว่าขนาดและน้ำหนักร่างกายที่อายุต่าง ๆ ของกระบือปลักอาจแตกต่างกันไปตามความแตกต่างของประชากร ช่วงเวลา และการเลี้ยงดู กระบือปลักไทยที่เลี้ยงดูโดยเกษตรกรกลุ่มที่ศึกษานี้มีขนาดและน้ำหนักร่างกายเมื่อแรกคลอดและหย่านม (240 วัน) ใกล้เคียงกับกระบือปลักที่ถูกเลี้ยงดูโดยเกษตรกรและหน่วยงานภาครัฐตามที่รายงานโดย วัฒน และนิกร (2558) พยุงศักดิ์ และคณะ (2561) แต่ดูเหมือนว่ากระบือเหล่านี้จะมีขนาดเล็กและน้ำหนักน้อยกว่ากระบือนมพันธุ์เมฆาณี (River buffalo) ที่เลี้ยงดูในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์บุรีรัมย์ตามที่รายงานโดย เฉลิมพล และยุทธนา (2562) อย่างไรก็ตาม ความผันแปรหรือความแตกต่างของลักษณะระหว่างกระบือแต่ละตัวในแต่ละกลุ่มการจัดการ (contemporary group) เช่น ปี ฤดูกาล หรือฟาร์ม ที่สังเกตได้จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือสัมประสิทธิ์ความผันแปรนั้นมีค่าสูง ประกอบกับสัดส่วนความผันแปรระหว่างฟาร์มและลักษณะที่พิจารณาตามที่ปรากฏใน Table 2 ยืนยันให้เห็นว่า ความผันแปรหรือความแตกต่างของขนาดและน้ำหนักที่อายุต่าง ๆ ของกระบือนั้นมีความสัมพันธ์กับความผันแปรหรือความแตกต่างระหว่างฟาร์ม (ผู้เลี้ยง) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับ ความสมบูรณ์ของอาหาร ปัจจัยการเลี้ยงดู คุณภาพการจัดการฟาร์ม และอื่น ๆ ลักษณะเช่นนี้ สนับสนุนการศึกษาศาภาพการเลี้ยงกระบือและความพึงพอใจที่มีต่อการให้บริการวิชาการของเกษตรกรจังหวัดพะเยาของ พยุงศักดิ์ และคณะ (2560) สภาพการผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนการเลี้ยงกระบือ ภายใต้การจัดการของเกษตรกรเครือข่าย ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุรินทร์ ของ ไชยวัฒน์ และคณะ (2561) และการศึกษาทำนองเดียวกันในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย ผลการศึกษาเหล่านี้ ชี้ให้เห็นทั้งโอกาสและความท้าทายในการส่งเสริมการผลิตกระบือปลักไทยของเกษตรกร ให้มีศักยภาพดีและสม่ำเสมอเพียงพอต่อใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์และการผลิตเชิงธุรกิจ ความสัมพันธ์ผลในเรื่องนี้จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนในการส่งเสริมและสนับสนุนเกษตรกรผู้เลี้ยงกระบือปลักไทย (โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย ซึ่งมีความแตกต่างกันในทรัพยากรและปัจจัยการผลิตเป็นพื้นฐาน) ให้สามารถผลิตกระบือที่มีรูปร่างใหญ่ ลำตัวยาว โตเร็ว มีคุณภาพซากดี มีสัดส่วนซากมาก สม่ำเสมอ โดยใช้

ต้นทุนในการบริหารจัดการฟาร์มที่เหมาะสม และเชื่อต่อการได้ผลกำไรจากการจำหน่ายกระบืออย่างเพียงพอที่จะดำเนินธุรกิจฟาร์ม (การผลิต) ได้อย่างมั่นคง

สรุป

ขนาดร่างกายและน้ำหนักตัวที่อายุแรกเกิด 240, 400, 600 และ 720 วัน ของกระบือปลักไทย ผันแปรไปตามปีเกิด และเพศ เพศผู้มีขนาดและน้ำหนักแตกต่างจากเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออายุมากกว่าหนึ่งปี ความแตกต่างของขนาดและน้ำหนักตัวกระบือปลักไทยมีความสัมพันธ์กับความแตกต่างในคุณภาพการเลี้ยงของเกษตรกร ร้อยละ 14.43 (ความยาวลำตัวเมื่อแรกเกิด) ถึง ร้อยละ 62.02 (ความยาวรอบอกเมื่ออายุ 720 วัน)

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของ ความร่วมมือทางวิชาการด้านการผลิตและปรับปรุงพันธุ์กระบือไทย ระหว่างมูลนิธิเจริญโภคภัณฑ์ และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณวัลลภ เจียรนวนนท์ ทีมงาน และเกษตรกรในโครงการฟาร์มกระบือทันสมัย หน่วยวิจัยเฉพาะทางพันธุศาสตร์สัตว์เขตร้อนชื่อ (TAGU) โครงการการพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มศักยภาพทางพันธุกรรมและประสิทธิภาพการผลิตสัตว์เศรษฐกิจ [FF(KU) 3.65] และโครงการระบบผลิตและพัฒนานักวิจัยชั้นสูงฯ [FF(KU) 25.64] ที่สนับสนุนโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมพล มหามาตร, ยุทธนา ศรีงาม. 2562. สมรรถภาพการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์พันธุ์ และการให้ผลผลิตน้ำนมครั้งแรก ของกระบือผสมพันธุ์เมซานีที่เลี้ยงในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์บุรีรัมย์. วารสารวิชาการออนไลน์สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 62: 1-17.
- ไชยวัฒน์ ภิญญเทพประทาน, พิเศษ แสตรระโทก, นิกร สางห้วยไพร, สุวชิ บุญโปร่ง, ฉัตรชัย เต้าทอง. 2561. สภาพการผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนการเลี้ยงกระบือ ภายใต้การจัดการของเกษตรกรเครือข่าย ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุรินทร์. วารสารวิชาการออนไลน์สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 58: 36-60.
- พยุงค์ดี อินท๊ะวิชา, ศักดิ์ชัย เครือสาร, กฤตชนน โชติพรหม, ธรรมบุญ ธาณี, สุพัฒน์ เขื่อนวัง, วีรพันธุ์ ปัญญา, สุรีย์พร แสงวงศ์, ชยุต ดงปาลีธรรม, จีอเชิง จู. 2561. การเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโตลูกกระบือในฟาร์มเกษตรกรและศูนย์วิจัยบำรุงพันธุ์สัตว์พะเยา. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 36: 144-151.
- พยุงค์ดี อินท๊ะวิชา, สมชาติ ธนะ, ศักดิ์ชัย เครือสาร, สุรีย์พร แสงวงศ์, โชค ไสร์จกุล, ขรรค์ชัย ต้นเมฆ, รัตนา อัดตปัญญา, ชยุต ดงปาลีธรรม, ศร ธิปฎิมากร. 2560. การศึกษาสภาพการเลี้ยงกระบือและความพึงพอใจที่มีต่อการให้บริการวิชาการของเกษตรกรจังหวัดพะเยา. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 35: 69-78.
- วัฒนา เหล่าทอง, นิกร สางห้วยไพร. 2558. แนวโน้มทางพันธุกรรมลักษณะการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์พันธุ์ของกระบือปลักไทย. วารสารวิชาการออนไลน์สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 58: 16-23.
- Johnson, D.W. 1939. Livestock weights from measurements. Extension Folder 70, Minn Agri Ext.
- Minervino, A.H.H., Zava, M., Vecchio, D., Borghese, S. 2020. *Bubalus bubalis*: A short story. Front. Vet. Sci. 7: 230-244. doi.org/10.3389/fvets.2020.570413

Pineda, P.S., Flores, E.B., Herrera, J.R.V., Low, W.Y. 2021. Opportunities and challenges for improving the productivity of swamp buffaloes in Southeastern Asia. *Front. Genet.* 12: 629861.
doi.org/10.3389/fgene.2021.629861

ผลของการเข้าร่วมในระบบการประเมินพันธุกรรมโคนมของเกษตรกรต่อการพัฒนา ความสามารถสำหรับการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมไทย

The effect of farmer participated in a genetic evaluation system on improving the ability
for milk production of Thai dairy cattle

ธัญญรัตน์ เกษเกตุ, ดนัย จัตวา*, ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี, ศกร คุณวุฒิมฤทธิธรณ

Thanyarat Korket, Danai Jattawa*, Thanathip Suwanasopee, Skorn Koonawootrittriron

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrndj@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ข้อมูลลักษณะปรากฏและความสามารถทางพันธุกรรมจีโนมสำหรับผลผลิตน้ำนม 305 วัน (MY305) ของโคนม 14,147 ตัว (คลอดระหว่าง พ.ศ. 2534–2564) จากเกษตรกร 1,307 รายถูกใช้ในการศึกษา เกษตรกรถูกจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ตามจำนวนข้อมูลและปีที่เข้าร่วม ได้แก่ ดีมาก ดี และพอใช้ (วิธีที่ 1) และ ตามแนวโน้มทางพันธุกรรมจีโนม ได้แก่ บวก ไม่เปลี่ยนแปลง และติดลบ (วิธีที่ 2) ความถี่ของเกษตรกรในแต่ละกลุ่มถูกนำมาพิจารณาการเข้าร่วมของเกษตรกรและโอกาสในการพัฒนาพันธุกรรมโคนม ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ (71.92%) เข้าร่วมระบบการประเมินไม่ต่อเนื่องและมีข้อมูลร่วมการประเมินน้อย ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมโคนมสำหรับ MY305 เกิดขึ้นช้า (0.66 กิโลกรัมต่อปี) ทั้งนี้ ฟาร์มที่มีส่วนร่วมดีมาก (45.89%) มีแนวโน้มทางพันธุกรรมเป็นบวก ในขณะที่ ฟาร์มที่มีส่วนร่วมพอใช้ (48.19%) มีแนวโน้มทางพันธุกรรมเป็นลบ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึง ความท้าทายในการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรเข้าร่วมระบบการประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มโอกาสสร้างความก้าวหน้าทางพันธุกรรมโคนมไทย

คำสำคัญ: เกษตรกรรายย่อย, เขตร้อนชื้น, โคนม, แนวโน้มพันธุกรรม, ปริมาณน้ำนม

Abstract

Phenotypic (PV) and genomic estimated breeding (GEBV) values data for 305-day milk yield (MY305) of 14,147 dairy cows (calved between 1991 and 2021) from 1,307 farmers were used in the study. Farmers were classified into 3 groups (1) by the number of records and the number of participated years as very good, good, and fair, and (2) by the genetic trend of each farm as positive, no, and negative. Frequencies of farmers in the groups classified by these two methods were used to consider participation in the evaluation system of the farmers and the opportunity to improve their dairy genetics. The results reveal that most farmers (71.92%) intermittently participated in the evaluation system and had a small number of participated information for the evaluation, which might affect low genetic gain for MY305 (0.66 kg per year) in the population. However, farms with very good participation (45.89%) had a positive, whereas farms with fair participation (48.19%) had negative genetic trends. The results indicated the challenge of encouraging and supporting farmers to continuously participate in an ongoing evaluation system to increase their chances of accelerating the genetic progress of Thai dairy cattle.

Keywords: Dairy cattle, Genetic trend, Milk yield, Smallholders, Tropics

คำนำ

การปรับปรุงพันธุ์โคนมเป็นอีกหนึ่งวิธีการดำเนินงาน ที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถพัฒนาศักยภาพการผลิตและดำเนินธุรกิจฟาร์มโคนมได้อย่างมั่นคง ทั้งนี้เนื่องจาก การปรับปรุงพันธุ์มีต้นทุนต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับปรุงการจัดการและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ หากการดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ (คัดเลือกและจับคู่ผสมพันธุ์) ทำได้อย่างแม่นยำ สามารถช่วยให้เกษตรกรพัฒนาโคนมทดแทนรุ่นใหม่ที่มีความสามารถแสดงออกซึ่งลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจดีกว่าโคนมรุ่นปัจจุบัน (ศกร, 2560) ด้วยเหตุนี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตโคนม ได้แก่ องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.; องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย, 2565) และกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2564) ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบประเมินความสามารถทางพันธุกรรมโคนม ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โคนมของเกษตรกรที่แม่นยำและเพิ่มความก้าวหน้าทางพันธุกรรมได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม หลายงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า ตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสำหรับผลิตน้ำนมของโคนมที่ถูกเลี้ยงดูในประเทศไทยยังเกิดขึ้นไม่มากนัก (0.11–0.56 กิโลกรัมต่อปี; Koonawootrittriron et al., 2009; Sarakul et al., 2011; Konkrua et al., 2017) ส่งผลให้ความสามารถในการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมยังคงพัฒนาไม่มากเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการคัดเลือกโคนมของเกษตรกรขาดความแม่นยำ ดังนั้น อ.ส.ค. ได้ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยฟลอริดา (สหรัฐอเมริกา) พัฒนาและประยุกต์ใช้ข้อมูลทางพันธุกรรมจีโนมในระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมโคนมขึ้น และทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมจีโนม (Genomic estimated breeding values; GEBV) เพื่อใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกโคนมไทยเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2559 (องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย, 2559) ซึ่งวิธีการดังกล่าว สามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในการทำนายได้เฉลี่ย 0.18%–14.39% (Jattawa et al., 2016) ทั้งนี้ ความแม่นยำในการทำนายความสามารถทางพันธุกรรมจีโนมโคนมสามารถพัฒนาเพิ่มมากยิ่งขึ้นได้โดยมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หนึ่ง จำลองทางพันธุกรรมสำหรับการทำนาย จำนวนข้อมูลพันธุ์ประวัติและลักษณะปรากฏ จำนวนสัตว์ที่ถูกจีโนไทป์และจำนวนข้อมูลจีโนไทป์ที่ใช้ในการประเมิน รวมถึงคุณภาพของข้อมูลพันธุ์ประวัติและลักษณะปรากฏที่ถูกจัดเก็บและส่งเข้าสู่ระบบการประเมิน (Zhang et al., 2019) ทั้งนี้หลายปัจจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าเกษตรกรผู้ผลิตโคนมไทยมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกรูปแบบความมีส่วนร่วมของเกษตรกรไทยในระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมและประเมินผลของการมีส่วนร่วมในระบบต่อการพัฒนาศักยภาพทางพันธุกรรมโคนมไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วยข้อมูลลักษณะปรากฏ (Phenotype) และ GEBV สำหรับปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน (MY305) ของโคนมท้องแรกที่คลอดลูกและให้ผลผลิตครั้งแรกระหว่าง พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2564 จำนวน 14,147 ตัว ที่ถูกเลี้ยงดูโดยเกษตรกรจำนวน 1,307 ราย ซึ่งเป็นเครือข่ายผู้เลี้ยงโคนมที่เข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมจีโนมกับองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย GEBV สำหรับปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน ของโคนมแต่ละตัวถูกทำนายค่าด้วยวิธี Single-step genomic evaluation (Aguilar et al., 2010) ซึ่งใช้ประโยชน์จากข้อมูลพันธุ์ประวัติ (Pedigree) และลักษณะปรากฏของโคนมทั้งหมดในชุดข้อมูล ร่วมกับข้อมูลรูปแบบทางพันธุกรรมจีโนม (116,768 สนิปส์) จากโคนมบางส่วนในชุดข้อมูลจำนวน 5,018 ตัว โดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ผ่านรุ่นจำลองทางพันธุกรรมสัตว์ (Animal model) ที่พิจารณาฟาร์ม-ปี-ฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูก (กลุ่มการจัดการ; Contemporary groups)

อายุเมื่อคลอด และเฮทเทอโรซิส เป็นปัจจัยกำหนด และพิจารณาพันธุกรรมแบบบวกระยะ และความคลาดเคลื่อนเป็นปัจจัยสุ่ม

รูปแบบของการเข้าร่วมโครงการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมโคนมของเกษตรกรถูกพิจารณาจากจำนวนของข้อมูลที่ส่งเข้าร่วมประเมินและจำนวนปีที่เข้าร่วมโครงการ โดยสร้างเป็นแผนภาพความรู้ (Heatmap) ด้วยโปรแกรม GraphPad Prism version 9.0.0 (GraphPad Software, LLC., San Diego, USA) นอกจากนี้ ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาใช้จำแนกกลุ่มฟาร์มตามการเข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรม ได้แก่ กลุ่มฟาร์มที่ให้ความร่วมมือดีมาก (Very good) กลุ่มฟาร์มที่ให้ความร่วมมือดี (Good) และกลุ่มฟาร์มที่ให้ความร่วมมือพอใช้ (Fair; Table 1)

Table 1 Classification of farm groups based on the number of records and years participating in Thai dairy genetic evaluation

Number of records	Number of years for participation		
	< 4 years	4-5 years	> 5 years
< 10	Fair	Good	Very good
10-15 records	Fair	Good	Very good
> 15 records	Good	Good	Very good

ลักษณะปรากฏและความสามารถทางพันธุกรรมจีโนมสำหรับปริมาณน้ำนมรวม ที่ 305 วัน ของโคนมแต่ละตัว ถูกนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยจำแนกตามปีที่คลอดลูกเพื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความสามารถที่แสดงออก และความสามารถทางพันธุกรรมในรูปแบบสมการถดถอยต่อช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงสำหรับภาพรวมทั้งประชากร และจำแนกตามฟาร์มที่ปรากฏในชุดข้อมูลด้วยชุดคำสั่งในโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2014) ทั้งนี้ เพื่อให้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient; b) มีความแม่นยำ ฟาร์มที่ส่งข้อมูลเข้าร่วมระบบการประเมินฯ น้อยกว่า 3 ปี (738 ฟาร์ม) จึงถูกตัดออกจากการศึกษาในขั้นตอนต่อไป จากนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ประมาณได้ของแต่ละฟาร์ม ถูกนำมาจำแนกกลุ่มฟาร์มตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้น ได้แก่ กลุ่มฟาร์มที่มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมโคนม 1) เป็นบวก (b มากกว่า 0.5 กิโลกรัมต่อปี) 2) ไม่เปลี่ยนแปลง (b ระหว่าง -0.5 ถึง 0.5 กิโลกรัมต่อปี) และ 3) เป็นลบ (b น้อยกว่า -0.5 กิโลกรัมต่อปี)

กลุ่มฟาร์มที่ถูกจำแนกตามการเข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมถูกนำมาพิจารณาความถี่ร่วมกับกลุ่มฟาร์มที่จำแนกตามแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมโคนม เพื่อพิจารณาผลของการเข้าร่วมระบบการประเมินฯ ต่อการพัฒนาศักยภาพทางพันธุกรรมโคนมของเกษตรกรไทย วิธีทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) ถูกใช้สำหรับการทดสอบสมมติฐาน โดย กลุ่มฟาร์มทุกกลุ่มที่เข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมมีความถี่ไม่แตกต่างกัน เมื่อจำแนกตามกลุ่มของแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมโคนม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยชุดคำสั่ง Proc Freq ในโปรแกรมสำเร็จรูป SAS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

รูปแบบของการเข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมโคนมของเกษตรกรไทยแสดงดัง Fig. 1 ผลการศึกษาพบว่า ตลอดระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมา เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีแนวโน้มเข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมโคนมเพิ่มขึ้น โดยมีเกษตรกรเข้าร่วมระบบการประเมินฯ น้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2535 (13 ราย)

และมากที่สุดในปี พ.ศ. 2556 (343 ราย) ในขณะที่จำนวนข้อมูลที่รวบรวมได้น้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2534 (51 ข้อมูล) และมากที่สุดในปี พ.ศ. 2556 (1,199 ข้อมูล) โดยในภาพรวม แต่ละฟาร์มส่งข้อมูลผลผลิตน้ำนมของโคนมเข้าร่วมการประเมินเฉลี่ย 3.55 ± 5.03 ตัวต่อฟาร์มต่อปี (ต่ำสุด 1 ตัวต่อฟาร์มต่อปี และสูงสุด 78 ตัวต่อฟาร์มต่อปี) ทั้งนี้พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ (80%) เข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมโคนมน้อยกว่า 5 ปี โดยมีเกษตรกร 33% เข้าร่วมโครงการเพียง 1 ปี นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในแต่ละปีพบว่า ฟาร์มที่เข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมโคนมส่วนใหญ่เป็นฟาร์มรายใหม่ โดยมีบางฟาร์มที่ให้ความสำคัญและเข้าร่วมโครงการอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม พบว่า มีบางฟาร์มที่เข้าร่วมโครงการเพียง 1-2 ปี เท่านั้นและออกจากโครงการไป

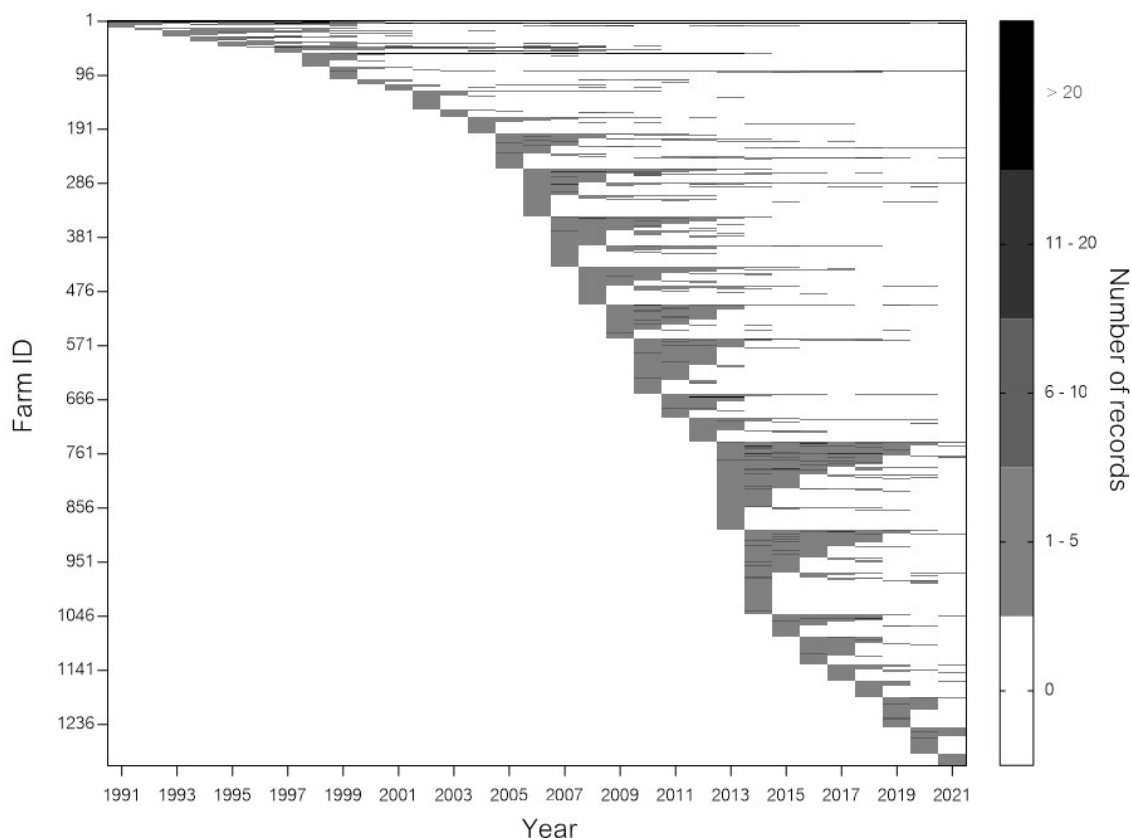


Fig. 1 Frequency and number of records of the farmers participated in a Thai dairy genetic evaluation

รูปแบบการเข้าร่วมโครงการเช่นนี้ ไม่เป็นผลดีต่อระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรม ทั้งนี้เนื่องจาก รูปแบบการเข้าร่วมระบบการประเมินที่ไม่ต่อเนื่อง รวมถึงในแต่ละปี มีฟาร์มใหม่ๆ เพิ่มขึ้นในระบบการประเมินโดยที่ฟาร์มเดิมออกจากระบบไป ส่งผลให้ความเชื่อมโยงทางพันธุกรรมของสัตว์ระหว่างกลุ่มการจัดการ (Contemporary group; พิจารณา ฟาร์ม-ปี-ฤดูกาล ที่สัตว์คลอดลูก) เกิดขึ้นได้น้อย เป็นสาเหตุให้ความแม่นยำในการทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมโคนมสำหรับลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจมีไม่มากนัก (Zhang et al., 2018) ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำในการคัดเลือกพ่อและแม่พันธุ์เพื่อการผลิตรุ่นลูกทดแทน นอกจากนี้ เกษตรกรที่เข้าร่วมไม่ต่อเนื่อง ยังขาดโอกาสที่ได้รับข้อมูล (โคนมรายตัว) จากการจัดบันทึกเพื่อเข้าสู่ระบบการประเมินและค่าความสามารถทางพันธุกรรมที่ได้จากการประเมินอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ข้อมูลดังกล่าวเอื้อต่อการตัดสินใจปรับปรุงศักยภาพการผลิตภายในฟาร์มและปรับปรุงพันธุ์โคนมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Rhone et al., 2008; Yeamkong et al., 2010; Sarakul et al., 2011) สิ่งนี้อาจเป็นอีกเหตุผลสำคัญที่ส่งผล

ให้การพัฒนาศักยภาพทางพันธุกรรมโคนมของเกษตรกรไทยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมามีความก้าวหน้าไม่มากนัก (0.66 กิโลกรัมต่อปี; Fig. 2)

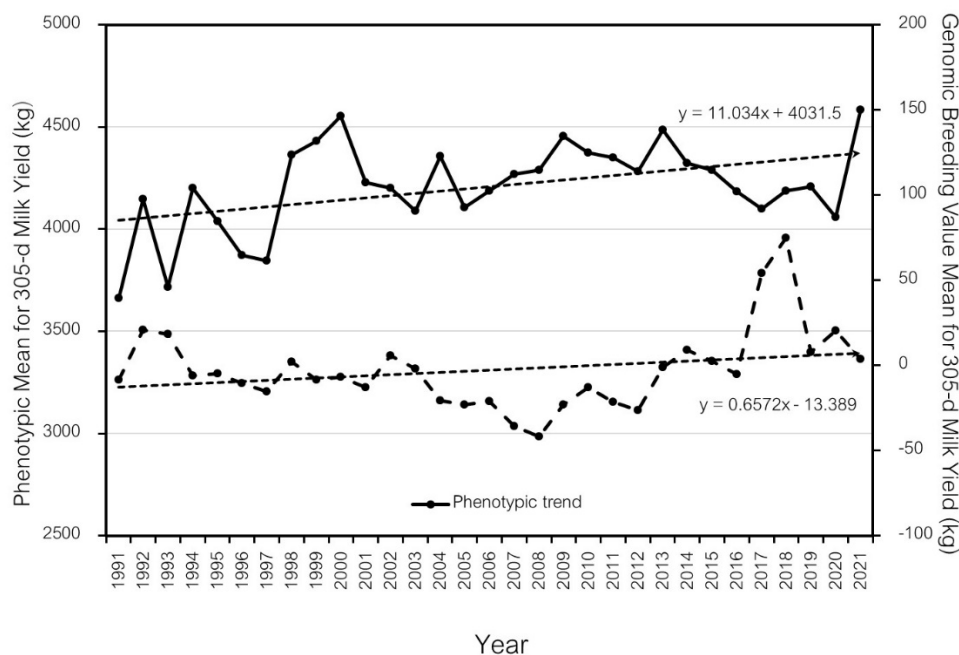


Fig. 2 Genetic and phenotypic trends for 305-d milk yield of a Thai dairy cattle population from 1991 to 2021

Fig. 2 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมสำหรับ MY305 ระหว่างปี พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2564 พบว่า ตลอดระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมา ความสามารถทางพันธุกรรมสำหรับ MY305 ของโคนมที่ถูกเลี้ยงดูและให้ผลผลิตในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.66 กิโลกรัมต่อปี) โดยมีค่าความสามารถทางพันธุกรรมเฉลี่ยอยู่ในช่วง -41.94 ± 156.41 กิโลกรัม (พ.ศ. 2551) ถึง 7.71 ± 159.12 กิโลกรัม (พ.ศ. 2561) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางพันธุกรรมที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการรายงานหลายฉบับ (0.11–0.56 กิโลกรัมต่อปี; Koonawootrittriron et al., 2009; Sarakul et al., 2011; Konkrua et al., 2017) ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงผลผลิตน้ำนม (ลักษณะปรากฏ) พบว่าเพิ่มขึ้น 11.03 กิโลกรัมต่อปี ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงโอกาสหากเกษตรกรสามารถคัดเลือกและจับคู่ผสมพันธุ์ได้อย่างแม่นยำเพื่อผลิตสัตว์รุ่นลูกให้มีความก้าวหน้าทางพันธุกรรมมากยิ่งขึ้นอาจช่วยเพิ่มผลผลิตและผลกำไรในการประกอบอาชีพของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Miglior et al., 2017)

เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมสำหรับ MY305 ของโคนมในแต่ละฟาร์ม พบว่า ฟาร์มส่วนใหญ่ (43%) มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมเป็นบวก รองลงมา (30%) เป็นฟาร์มที่มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมเป็นลบ และน้อยที่สุด (23%) เป็นฟาร์มที่แนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมไม่เปลี่ยนแปลง (Fig. 3A) สัดส่วนของฟาร์มดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Sarakul et al. (2011) ซึ่งรายงานว่ ฟาร์มโคนมในเขตภาคกลางของประเทศไทยส่วนใหญ่ (40%) มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมเป็นบวก รองลงมา (35%) มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมเป็นลบ และน้อยที่สุด (25%) มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยดังกล่าวได้รายงานเพิ่มเติมว่า กลุ่มฟาร์มเหล่านี้ไม่มีความแตกต่างกันทั้งในด้านของระดับการศึกษา ขนาดฟาร์ม จำนวนและประเภทของแรงงาน แหล่งความรู้ แหล่งที่มาของพ่อพันธุ์ และระบบการบันทึกข้อมูล

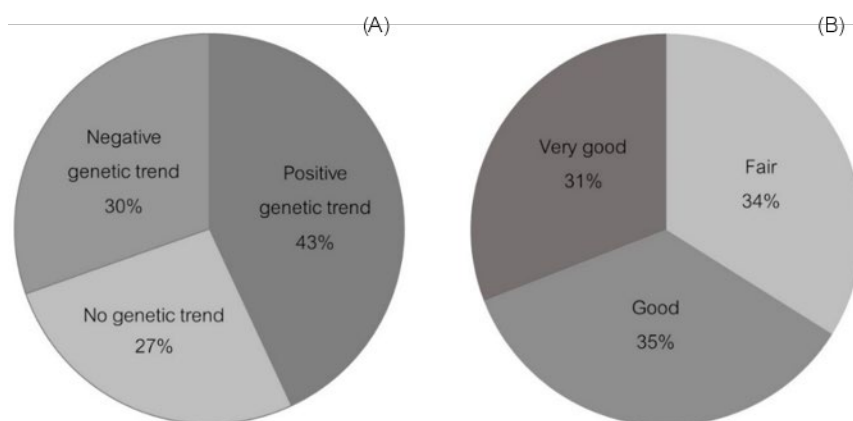


Fig. 3 Proportion of farm groups classified by genetic trend (A); and participation in Thai dairy genetic evaluation (B)

หากพิจารณากลุ่มฟาร์มในชุดข้อมูลที่ศึกษาจำแนกตามรูปแบบการเข้าร่วมในระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรม พบว่า ฟาร์มส่วนใหญ่เป็นฟาร์มที่ให้ความร่วมมือดีมาก (35%) รองมาเป็นฟาร์มที่ให้ความร่วมมือในระดับดี (34%) และระดับพอใช้ (31%; Fig. 3B) ซึ่งเมื่อพิจารณาสัดส่วนของฟาร์มเหล่านี้ตามกลุ่มของความร่วมมือในระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมและกลุ่มแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรม พบว่า ฟาร์มที่ให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมแตกต่างกัน มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมโคนมแตกต่างกัน ($p < 0.01$; Table 2) โดย ฟาร์มที่ให้ความร่วมมือในระดับดีมากส่วนใหญ่ (44.89%) เป็นกลุ่มฟาร์มที่มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมเป็นบวก รองลงมา (45.45%) เป็นกลุ่มที่มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมไม่เปลี่ยนแปลง และน้อยที่สุด (9.66%) เป็นกลุ่มที่มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมเป็นลบ ในทางกลับกัน ฟาร์มที่ให้ความร่วมมือในระดับพอใช้ ส่วนใหญ่ (48.19%) เป็นกลุ่มที่มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมเป็นลบ รองลงมาเป็นกลุ่มที่มีแนวโน้มความสามารถทางพันธุกรรมเป็นบวก (38.34%) และไม่เปลี่ยนแปลง (13.47%)

Table 2 Frequency and percentage of farms classified by the participation and genetic trend groups

Participation groups	Genetic trend groups						Chi-square test <i>p</i> -value
	Positive genetic trend		No genetic trend		Negative genetic trend		
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%	
Very Good	79	44.89	80	45.45	17	9.66	< 0.0001
Good	92	46.00	45	22.50	63	31.50	
Fair	74	38.34	26	13.47	93	48.19	

Chi-square *p*-value was used to test the different proportion of farm for all participation and genetic trend group combinations at significant level = 0.05

เกษตรกรที่ประสงค์เข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมโคนม จำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลพันธุ์ประวัติและลักษณะปรากฏ (ลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจที่เกษตรกรต้องการปรับปรุงพันธุ์) ทั้งนี้ การบันทึกข้อมูลดังกล่าวนอกจากจะรวบรวมเข้าสู่กระบวนการประเมินพันธุกรรมสำหรับใช้ประกอบการตัดสินใจคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์

ได้อย่างแม่นยำแล้ว (Sarukul et al., 2011; Berry, 2015) ข้อมูลเหล่านี้ยังสามารถช่วยให้เกษตรกรตัดสินใจในการพัฒนาหรือปรับปรุงระบบการผลิตในฟาร์มของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Rhone et al., 2008; Yeamkong et al., 2010) สิ่งนี้อาจเป็นเหตุผลให้ เกษตรกรที่จัดเก็บข้อมูลและเข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมอย่างต่อเนื่อง (มีส่วนร่วมในระดับดีมาก) มีสัดส่วนการพัฒนาศักยภาพทางพันธุกรรมโคนมในฟาร์มของตนได้ดีกว่าฟาร์มที่เข้าร่วมในระดับพอใช้ (จัดเก็บข้อมูลน้อยและเข้าร่วมการประเมินไม่ต่อเนื่อง) ดังนั้น การส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรเข้าร่วมระบบประเมินอย่างต่อเนื่องอาจช่วยเพิ่มโอกาสให้เกษตรกรผู้ผลิตโคนมไทยพัฒนาความก้าวหน้าทางพันธุกรรมนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตน้ำนมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม หลายปัจจัยของเกษตรกรในแต่ละกลุ่ม เช่น รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลและค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมสำหรับการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โคนม เป็นต้น อาจจำเป็นต้องนำมาพิจารณารายละเอียดเพื่อประโยชน์ต่อการส่งเสริม พัฒนา และปรับปรุงระบบการปรับปรุงพันธุ์โคนมของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สรุป

เกษตรกรผู้ผลิตโคนมไทยมีแนวโน้มเข้าร่วมระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมโคนมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงเข้าร่วมระบบประเมินไม่ต่อเนื่อง (ต่ำสุด 1 ปี และสูงสุด 30 ปี) และส่งข้อมูลสู่การประเมินน้อย (เฉลี่ย 3.55 ± 5.03 ตัวต่อฟาร์มต่อปี) ทั้งนี้ ภาพรวมของการพัฒนาศักยภาพทางพันธุกรรมโคนมไทยสำหรับ MY305 มีแนวโน้มความก้าวหน้าทางพันธุกรรมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.66 กิโลกรัมต่อปี) โดยฟาร์มที่มีส่วนร่วมในระบบการประเมินความสามารถทางพันธุกรรมระดับดีมากส่วนใหญ่ (45.89%) มีแนวโน้มพันธุกรรมเป็นบวก ขณะที่ฟาร์มที่มีส่วนร่วมระดับพอใช้ (48.19%) มีแนวโน้มพันธุกรรมเป็นลบ การส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรเข้าร่วมระบบประเมินอย่างต่อเนื่องอาจช่วยเพิ่มโอกาสสร้างความก้าวหน้าทางพันธุกรรมโคนมไทยได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ เป็น ส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มศักยภาพทางพันธุกรรมและประสิทธิภาพการผลิตสัตว์เศรษฐกิจ [FF(KU) 3.65] และโครงการระบบผลิตและพัฒนานักวิจัยชั้นสูงฯ [FF(KU) 25.64] ภายใต้การสนับสนุนจากหน่วยวิจัยเฉพาะทางพันธุศาสตร์สัตว์เขตร้อนชื้น (Tropical Animal Genetics Special Research Unit) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย และ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทุกท่าน สำหรับความร่วมมือและการอนุเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2564. สมุดพ้อพันธุ์โคนม 2564. สำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์, กรมปศุสัตว์. ปทุมธานี.
ศดร คุณวุฒิจูฑิธรณ. 2560. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย. 2559. ค่าการผสมพันธุ์โคนม 2559. ฝ่ายวิจัยและพัฒนาการเลี้ยงโคนม, องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย. สระบุรี.
องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย. 2565. ความสามารถทางพันธุกรรมพ่อแม่พันธุ์โคนม 2565. ฝ่ายวิจัยและพัฒนาการเลี้ยงโคนม, องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย. สระบุรี.

- Aguilar, I., Misztal, I., Johnson, D.L., Legarra, A., Tsuruta, S., Lawlor, T.J. 2010. A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score. *J. Dairy Sci.* 93: 743–752. doi.org/10.3168/jds.2009-2730
- Berry, D.P. 2015. Breeding the dairy cow of the future: What do we need? *Anim. Prod. Sci.* 55: 823–837. doi.org/10.1071/AN14835
- Jattawa, D., Koonawootrittriron, S., Elzo, M.A., Suwanasopee, T. 2016. Accuracy of genomic-polygenic prediction for milk yield and fat percentage in the Thai dairy cattle population. 17th AAAP Conference. Fukuoka, Japan.
- Konkruea, T., Koonawootrittriron, S., Elzo, M.A., Suwanasopee, T. 2017. Genetic parameters and trends for daughters of imported and Thai Holstein sires for age at first calving and milk yield. *J. Agric. Res.* 51: 420–424. doi.org/10.1016/j.anres.2017.12.003
- Koonawootrittriron, S., Elzo, M.A., Thongprapi, T. 2009. Genetic trends in a Holstein × other breeds multibreed dairy population in Central Thailand. *Livest. Sci.* 122: 186–192. doi.org/10.1016/j.livsci.2008.08.013
- Miglior, F., Fleming, A., Malchiodi, F., Brito, L.F., Martin, P., Baes, C.F. 2017. A 100-year review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 100: 10251–10271. doi.org/10.3168/jds.2017-12968
- Rhone, J.A., Koonawootrittriron, S., Elzo, M.A. 2008. Record keeping, genetic selection, educational experience and farm management effects on average milk yield per cow, milk fat percentage, bacterial score and bulk tank somatic cell count of dairy farms in the central region of Thailand. *Trop. Anim. Health Prod.* 40: 627–636. doi.org/10.1007/s11250-008-9141-6
- Sarakul, M., Koonawootrittriron, S., Elzo, M.A., Suwanasopee, T. 2011. Factors influencing genetic change for milk yield within farms in Central Thailand. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 24: 1031–1040. doi.org/10.5713/ajas.2011.10401
- SAS Institute Inc. 2014. SAS® Ondemand for Academics: User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Yeamkong, S., Koonawootrittriron, S., Elzo, M.A., Suwanasopee, T. 2010. Effect of experience, education, record keeping, labor and decision making on monthly milk yield and revenue of dairy farms supported by a private organization in Central Thailand. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 23: 814–824.
- Zhang, H., Yin, L., Wang, M., Yuan, X., Liu, X. 2019. Factors affecting the accuracy of genomic selection for agricultural economic traits in maize, cattle, and pig populations. *Front. Genet.* 10: 189. doi.org/10.3389/fgene.2019.00189
- Zhang, S.Y., Olasege, B.S., Liu, D.Y., Wang, Q.S., Pan, Y.C., Ma, P.P. 2018. The genetic connectedness calculated from genomic information and its effect on the accuracy of genomic prediction. *PLoS One* 13: e0201400. doi.org/10.1371/journal.pone.0201400

ผลจากการเกิดเส้นสีขาวแทรกในเนื้ออกไก่ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ

Effect of white striping in chicken breast on water holding capacity and shear force values

นักัสสร จำรูญวงศ์^๑, พรรณวดี โสพรรณรัตน์^๑, ศชาภรณ์ เต็มยอด^๒, อัจฉรา ขยัน^{๑,*}

Napatsorn Jumroonwong^๑, Panwadee Sopannarath^๑, Katchaporn Temyord^๒, Autchara Kayan^{๑,*}

^๑ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^๒สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ 10400

^๑Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^๒Bureau of Livestock Standard and Certification, Department of Livestock Development, Bangkok 10400, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrark@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลจากการเกิดเส้นสีขาวแทรกในเนื้ออกไก่ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยสุ่มตัวอย่างเนื้ออกไก่จากโรงฆ่าสัตว์เพื่อการส่งออก จำนวน 438 ตัวอย่าง เมื่อไก่อายุ 42 วัน และน้ำหนักเฉลี่ย 2.5–2.7 กิโลกรัม ทำการจำแนกเนื้ออกไก่เป็น 4 ระดับ ดังนี้ ระดับปกติ ปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก จากนั้นวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำละลาย และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหาร) และค่าแรงตัดผ่านเนื้อจากการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำละลาย และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหารไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($p > 0.05$) สำหรับค่าแรงตัดผ่านเนื้อพบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้ออกปกติมีค่าแรงตัดผ่านสูงกว่าเนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวแทรกระดับปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก

คำสำคัญ: ค่าแรงตัดผ่าน, ความสามารถในการอุ้มน้ำ, เนื้ออกไก่, เส้นสีขาวแทรก

Abstract

The aim of this study was to determine the effect of white striping in chicken breast on the water holding capacity and shear force. A total 438 samples of breast fillets were randomly selected from a poultry slaughterhouse for exporting at 42 days of age with average weight 2.5 to 2.7 kg. The white striping was classified into 4 levels as: normal, moderate, severe, and extreme, then water holding capacity (drip loss percentage, thawing loss percentage, and cooking loss percentage) and shear force were determined. The results revealed that drip loss percentage, thawing loss percentage, and cooking loss percentage were not significant difference between groups ($p > 0.05$). For shear force values, there was significant difference ($p < 0.05$), normal group had a higher shear force value than moderate, severe, and extreme groups.

Keywords: Breast meat, Shear force, Water holding capacity, White striping

คำนำ

ในปัจจุบันหลายประเทศขยายการผลิตไก่เนื้อเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับความต้องการบริโภคเนื้อไก่ทดแทนเนื้อสุกรที่มีการระบาดของโรคอหิวาต์แอฟริกาสุกร (African Swine Fever: ASF) ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตสุกรลดลงและราคาเนื้อสุกรเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ในหลายประเทศเริ่มมีการผ่อนคลายจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้การผลิตเนื้อสัตว์ปีกเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2560–2564 การผลิตเนื้อไก่ของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 2.36 ต่อปี และการผลิตไก่เนื้อของประเทศไทยเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 1.30 ต่อปี โดยที่การส่งออกเนื้อไก่และผลิตภัณฑ์ของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 4.90 ต่อปี (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ซึ่งในปี พ.ศ. 2566 คาดว่าการผลิตไก่เนื้อและการส่งออกเนื้อไก่ของประเทศไทยยังคงขยายตัวเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร และความต้องการบริโภคที่ขยายตัวเพิ่มขึ้นทั้งตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศ ดังนั้น เพื่อสอดคล้องกับปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อไก่ที่เพิ่มขึ้น การผลิตไก่เนื้อในอุตสาหกรรมจึงมีการคัดเลือกสายพันธุ์ไก่เนื้อให้มีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีปริมาณผลผลิตเนื้อออกมากขึ้น และมีความสามารถในการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น อย่างไรก็ตาม อาจส่งผลให้เกิดปัญหาความผิดปกติของกล้ามเนื้ออกเกิดเส้นสีขาวแทรกในเนื้อ (white striping) (Kuttappan et al., 2012a)

การเกิดเส้นสีขาวแทรกในเนื้อที่จะสามารถสังเกตเห็นเส้นสีขาวขนานไปในทิศทางเดียวกันกับเส้นใยกล้ามเนื้อในเนื้ออกไก่ดิบ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้กับกล้ามเนื้ออกและกล้ามเนื้อสะโพกบางส่วน นอกจากนี้ การศึกษาทางสัตววิทยาพบว่า การเกิดเส้นสีขาวแทรกในเนื้อแสดงให้เห็นถึงความเสียหายของกล้ามเนื้อ โดยมีลักษณะการเสื่อมของเส้นใยกล้ามเนื้อพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของไขมัน (lipidosis) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (fibrosis); (Kuttappan et al., 2013b) สามารถจัดจำแนกระดับเส้นสีขาวแทรกในเนื้อได้ 4 ระดับ ดังนี้ เนื้ออกปกติ ปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก ตามระดับความรุนแรงของการเกิดเส้นสีขาวแทรกในเนื้อ (Kuttappan et al., 2016) การเกิดเส้นสีขาวแทรกในเนื้อของเนื้ออกไก่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงส่งผลต่อความพึงพอใจในการเลือกซื้อเนื้ออกไก่ของผู้บริโภคที่ลดลง (Kuttappan et al., 2012b; de Carvalho et al., 2020) นอกจากนี้ การเกิดเส้นสีขาวแทรกยังส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำที่ลดลง และส่งผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่เป็นดัชนีใช้บ่งบอกเนื้อสัมผัสของเนื้อ (Petracchi et al., 2013; Carvalho et al., 2021) ดังนั้น จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเกิดลักษณะเส้นสีขาวแทรกในเนื้ออกไก่ต่อลักษณะทางคุณภาพเนื้อบางลักษณะ ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ที่ได้จากระบบการผลิตในอุตสาหกรรมเลี้ยงไก่เนื้อ

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและการเก็บตัวอย่าง

สุ่มเนื้ออกไก่ จำนวน 438 ชิ้น จากโรงฆ่า และชำแหละเพื่อการส่งออกที่เลี้ยงในระบบมาตรฐานฟาร์ม และมีระบบการจัดการฟาร์มแบบเดียวกัน ซึ่งไก่เนื้อที่ใช้ศึกษาเป็นสายพันธุ์ที่มีการพัฒนาให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยสุ่มตัวอย่างจากไก่ที่มีช่วงอายุในการจับเข้าเชือดที่ 42 วัน น้ำหนักตัวไก่อยู่ในช่วง 2.5–2.7 กิโลกรัม จากนั้น นำตัวอย่างเนื้ออกไก่บรรจุไว้ในถุงพลาสติก ควบคุมอุณหภูมิเนื้ออกไก่ไม่ให้สูงเกิน 4 องศาเซลเซียส ส่งมายังภาควิชาสัตวบาลเพื่อจัดจำแนกระดับการเกิดลักษณะเส้นสีขาวแทรกตามหลักเกณฑ์ของ Kuttappan et al. (2016) แบ่งออกเป็น 4 ระดับ (Fig. 1)

ดังนี้ ระดับปกติ หมายถึง ไม่มีเส้นสีขาวแทรก ระดับปานกลาง หมายถึง มีเส้นสีขาวแทรกเล็ก ๆ โดยมีความหนาแน่นน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร มองเห็นได้บนพื้นผิวเนื้อออก ระดับรุนแรง หมายถึง มีเส้นสีขาวแทรกขนาดใหญ่ โดยมีความหนา 1-2 มิลลิเมตร มองเห็นได้ชัดเจนบนพื้นผิวเนื้อออก และระดับรุนแรงมาก หมายถึง มีเส้นสีขาวแทรก โดยมีความหนาแน่นมากกว่า 2 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นผิวเกือบทั้งหมดของเนื้อออก จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อออกไปวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ



Source: Kuttappan et al. (2016)

Fig. 1 Classification of the white striping myopathy according to the level of severity (0 = normal, 1 = moderate, 2 = severe, and 3 = extreme) of the apparent white striation in the muscle. Normal – No distinct white lines. Moderate – Small white lines, generally < 1 mm thick, but apparently visible on the fillet surface. Severe – Large white lines (1 - 2 mm thick) very visible on the fillet surface. Extreme – Thick white bands (> 2 mm thickness) covering almost entire surface of fillet.

การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ

นำตัวอย่างเนื้อออกไปวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา (Drip loss percentage) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (Thawing loss percentage) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหาร (Cooking loss percentage) ตามวิธีของ Honikel et al. (1986) และนำกล้ามเนื้อที่ใส่ในถุงร้อนแบบสุญญากาศต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ให้ได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อสุดท้ายอยู่ที่ 80 องศาเซลเซียส แล้วจึงตรวจวัดค่าแรงตัดผ่านกล้ามเนื้อออกด้วยเครื่อง Texture analyzer (model TA.XT Plus, stable micro systems., Ltd., London, England) หัววัด 5 kN (Warner Brazler Shear Force) โดยอ่านเป็นค่าแรงสูงสุด (maximum force, Kg)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์คุณภาพเนื้อมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติโดย PROC GLM (General Linear Model) ตาม Equation 1 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละที่รีดเมนต์ด้วยวิธี Tukey โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS studio โดยพิจารณาความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

เมื่อ Y_{ij} = ลักษณะที่ศึกษา

μ = ค่าเฉลี่ยรวมที่เกิดขึ้นกับทุกค่าสังเกต

τ_i = อิทธิพลของระดับการเกิดเส้นสีขาวยแทรกในเนื้ออกไก่ ที่ i (i = ระดับปกติ ปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก)

ϵ_{ij} = ความคลาดเคลื่อนรวมที่วัดไม่ได้

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาด้านคุณภาพเนื้ออกไก่ที่เกิดลักษณะเส้นสีขาวยแทรก ได้เปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำตามระดับความรุนแรงของการเกิดเส้นสีขาวยแทรกในเนื้ออกไก่ ได้แก่ ปกติ ปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก ดังแสดงใน Table 1 พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) สอดคล้องกับการรายงานของ Petracci et al. (2013) และ Saringkhan et al. (2020) โดยศึกษาผลของการเกิดเส้นสีขาวยแทรกในเนื้ออกไก่ต่อคุณภาพเนื้อ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติสำหรับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา นอกจากนี้ Kuttappan et al. (2012a) ยังศึกษาผลของการเกิดเส้นสีขาวยแทรกในเนื้ออกไก่ 2 ช่วงอายุ ได้แก่ 6 และ 9 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาทั้ง 2 ช่วงอายุ ในขณะที่ Mudalal et al. (2015) รายงานว่าเนื้ออกปกติมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาสูงกว่าเนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวยแทรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำละลาย จากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง ($p > 0.05$) สอดคล้องกับการรายงานของ Trocino et al. (2015) ที่ศึกษาผลจากการเกิดเส้นสีขาวยแทรกในเนื้ออกต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำละลาย พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำละลายไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างเนื้ออกปกติและเนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวยแทรก เช่นเดียวกับการศึกษาของ Saringkhan et al. (2020) ได้เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำละลายของเนื้ออกปกติ เนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวยแทรกระดับปานกลาง และรุนแรง พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ในขณะที่ การศึกษาของ Bowker and Zhuang (2016) รายงานว่าเนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวยแทรกระดับปานกลาง และรุนแรง มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำละลายลดลงตามระดับความรุนแรงของการเกิดเส้นสีขาวยแทรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเนื้ออกปกติ

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหาร ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง ($p > 0.05$) สอดคล้องกับหลายการศึกษาก่อนหน้านี้ รายงานว่า การเกิดเส้นสีขาวยแทรกในเนื้ออกไก่ไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหาร ($p > 0.05$) (Kuttappan et al., 2013a; Trocino et al., 2015; Bowker and Zhuang, 2016) จากการศึกษาของ Kuttappan et al. (2013a) และ Soglia et al. (2018) รายงานว่า การเกิดเส้นสีขาวยแทรกไม่ส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ อาจเนื่องมาจากไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่า pH ในเนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวยแทรก ซึ่งค่า pH จะส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในกล้ามเนื้อ โดยถ้าค่า pH ในเนื้อต่ำ จะส่งผลให้โปรตีนในกล้ามเนื้อเสียสภาพและไม่สามารถจับกับน้ำได้ น้ำจะไหลออกจากเซลล์กล้ามเนื้อ (สัตวชัย, 2555)

นอกจากนี้ ค่าแรงตัดผ่านของเนื้ออกปกติมีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกกลุ่มที่เกิดเส้นสีขาวแทรกทั้งระดับปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในเนื้ออกของไก่งวงของ Carvalho et al. (2021) รายงานว่า เนื้ออกปกติและเนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวแทรกระดับปานกลางมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อมากกว่าเนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวระดับรุนแรง ($p < 0.05$) การเกิดเส้นสีขาวแทรกมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมสภาพของกล้ามเนื้อ ซึ่งการเสื่อมสภาพของกล้ามเนื้อส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมาก (เช่น myosin และ actin) ควบคู่กับการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น (lipidosis) และการเกิดพังผืด (fibrosis) (Petracci et al., 2013) สอดคล้องการรายงานของ Petracci et al. (2014) และ Mudalal et al. (2014) โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวแทรก พบว่า เนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวแทรกมีปริมาณโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกปกติ ในทางกลับกัน เนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวแทรกจะมีปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อที่เพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับ ปริมาณคอเลสเตอรอลที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกปกติ ดังนั้น การเกิดเส้นสีขาวแทรกในเนื้ออกไก่งวงส่งผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง มีเนื้อสัมผัส (texture) ที่นุ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์เป็นคุณลักษณะที่สำคัญ ที่ส่งผลต่อน้ำหนักของเนื้อที่หายไประหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา การแปรรูป และการประกอบอาหาร นอกจากนี้ ยังส่งผลต่อคุณภาพในการบริโภค รวมถึงเนื้อสัมผัสของเนื้อ ซึ่งภายในโครงสร้างกล้ามเนื้อจะประกอบไปด้วยน้ำถึงร้อยละ 75 การสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหารจะส่งผลให้โปรตีนในกล้ามเนื้อเสื่อมสภาพกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวทำให้เพิ่มความเหนียวของเนื้อ (Warner, 2017)

Table 1 Effect of white striping levels (normal, moderate, severe, extreme) on water holding capacity and shear force

Parameter	Levels of white striping				p - value
	Normal	Moderate	Severe	Extreme	
Drip loss (%)	1.80±0.27	1.75±0.17	1.55±0.34	1.77±0.16	0.741
Thawing loss (%)	4.32±1.04	4.53±0.52	3.83±0.78	4.94±0.32	0.745
Cooking loss (%)	29.16±0.86	26.64±1.29	28.19±0.38	27.66±1.50	0.455
Shear force (Kg)	31.40±3.30 ^a	16.16±1.30 ^b	14.57±0.93 ^b	17.94±3.17 ^b	0.001

Means (±SEM) with different superscripts in the same roll indicate a significant difference ($p < 0.05$)

สรุป

การเกิดเส้นสีขาวแทรกไม่ส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ ได้แก่ การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำจากการทำละลาย และการสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหาร สำหรับค่าแรงตัดผ่าน พบว่าเนื้ออกที่เกิดเส้นสีขาวแทรกมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ลดลง โดยเนื้ออกไก่จะมีค่าแรงตัดผ่านลดลงตามระดับความรุนแรงของการเกิดเส้นสีขาวแทรกที่มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการในการทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- สัตย์ชัย จตุรลัทธา. 2555. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2565. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- Bowker, B., Zhuang, H. 2016. Impact of white striping on functionality attributes of broiler breast meat. *Poult. Sci.* 95: 1957–1965. doi.org/10.3382/ps/pew115
- Carvalho, L.T., Owens, C.M., Giampietro-Ganeco, A., Malagoli de Mello, J.L., Ferrari, F.B., de Carvalho, F.A.L., Alves de Souza, R., Amoroso, L., Alves de Souza, P., Borba, H., Trindade, M.A. 2021. Quality of turkeys breast meat affected by white striping myopathy. *Poult. Sci.* 100: 101022. doi.org/10.1016/j.psj.2021.101022
- de Carvalho, L.M., Ventanas, S., Olegario, L.S., Madruga, M.S., Estévez, M. 2020. Consumers awareness of white-striping as a chicken breast myopathy affects their purchasing decision and emotional responses. *LWT* 131: 109809. doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109809
- Honikel, K.O., Kim, C.J., Hamm, R., Roncales, P. 1986. Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Sci.* 16: 267–282. doi.org/10.1016/0309-1740(86)90038-0
- Kuttappan, V.A., Brewer, V.B., Apple, L.K., Waldroup, P.W., Owens, C.M. 2012a. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poult. Sci.* 91: 2677–2685. doi.org/10.3382/ps.2012-02259
- Kuttappan, V.A., Brewer, V.B., Mauromoustakos, A., McKee, S.R., Emmert, J.L., Meullenet, J.F., Owens, C.M. 2013a. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poult. Sci.* 92: 811–819. doi.org/10.3382/ps.2012-02506
- Kuttappan, V.A., Hargis, B.M., Owens, C.M. 2016. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: A review. *Poult. Sci.* 95: 2724–2733. doi.org/10.3382/ps/pew216
- Kuttappan, V.A., Lee, Y.S., Erf, G.F., Meullenet, J.F., McKee, S.R., Owens, C.M. 2012b. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poult. Sci.* 91: 1240–1247. doi.org/10.3382/ps.2011-01947
- Kuttappan, V.A., Shivaprasad, H.L., Shaw, D.P., Valentine, B.A., Hargis, B.M., Clark, F.D., McKee, S.R., Owens, C.M. 2013b. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poult. Sci.* 92: 331–338. doi.org/10.3382/ps.2012-02646
- Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C., Petracchi, M. 2014. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. *Poult. Sci.* 93: 2108–2116. doi.org/10.3382/ps.2014-03911

- Mudalal, S., Lorenzi, M., Soglia, F., Cavani, C., Petracci, M. 2015. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal* 9: 728–734. doi.org/10.1017/S175173111400295X
- Petracchi, M., Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C. 2014. Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. *Ital. J. Anim. Sci.* 13: 179–183. doi.org/10.4081/ijas.2014.3138
- Petracchi, M., Mudalal, S., Bonfiglio, A., Cavani, C. 2013. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poult. Sci.* 92: 1670–1675. doi.org/10.3382/ps.2012-03001
- Saringkhan, S., Uesakulrungrueng, C., Sorapukdee, S. 2020. Survey of broiler breast meat ehit white striping and syudy the physicochemical changes during storage. *King Mongkut's Agric. J.* 38: 504–510.
- Soglia, F., Baldi, G., Laghi, L., Mudalal, S., Cavani, C., Petracchi, M. 2018. Effect of white striping on turkey breast meat quality. *Animal* 12: 2198–2204. doi.org/10.1017/S1751731117003469
- Trocino, A., Piccirillo, A., Birolo, M., Radaelli, G., Bertotto, D., Filiou, E., Petracchi, M., Xiccato, G. 2015. Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. *Poult. Sci.* 94: 2996–3004. doi.org/10.3382/ps/pev296
- Warner, R.D. 2017. The eating quality of meat—IV water-holding capacity and juiciness. In: Toldra', F. (Ed.). *Lawrie's Meat Science*, 8th ed. Wood Publishing. Sawston, UK, pp. 419–459. doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5

ความหนาแน่นของประชากรนกกก (Buceros bicornis) ในช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์บริเวณแกนกลางของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

Population density of Great Hornbill (*Buceros bicornis*) in non-breeding season at the core area of Khao Yai National Park

นภัสสร มนต์ชัยธนพัฒน์^a, ยงยุทธ ไตรสุรัตน์^{b,*}, วิจักขณ์ จิมจิเมบ^b

Naphatsorn Monchaithanaphat^a, Yongyut Trisurat^{b,*}, Vijak Chimchome^b

^aสาขาวิชาการบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aForest Resource and Environmental Administration, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fforyyt@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาแน่นของประชากรนกกก (*Buceros bicornis*) ในพื้นที่แกนกลางของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เพื่อนำมาใช้ในการติดตามประชากร และวางแผนจัดการพื้นที่ในการอนุรักษ์นกกกครอบคลุมพื้นที่ 144 ตารางกิโลเมตร (12 กิโลเมตร × 12 กิโลเมตร) ซึ่งดำเนินการศึกษาในช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน 2565 รวมจำนวน 4 ครั้ง โดยใช้วิธีการสำรวจตามแนวเส้นสำรวจ (line transect) จำนวน 10 เส้นทาง เส้นทางละ 1.5 กิโลเมตร นำข้อมูลเฉพาะนกเงือกที่พบเห็นตัวโดยตรงเท่านั้นมาวิเคราะห์ความหนาแน่นของประชากรด้วยวิธี Distance Sampling จากโปรแกรม DISTANCE 7.5 ผลการศึกษา พบนกกก 52 ครั้ง มีความหนาแน่นเท่ากับ 2.86 (95% CI=1.10 – 7.45) ตัวต่อตารางกิโลเมตร และมีขนาดของฝูงนกกก 1.90 ตัว/ฝูง ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถนำมาใช้ประกอบการวางแผนจัดการพื้นที่ในการอนุรักษ์นกเงือกได้

คำสำคัญ: ความหนาแน่นของประชากร, นกกก, นกเงือก, ประชากร, อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

Abstract

The objective of this study was to estimate population density of Great Hornbill (*Buceros bicornis*) at the core area of Khao Yai National Park to be used for population monitoring and conservation management planning. The study area covers 144 square kilometers (12 km × 12 km). Field survey was conducted in non-breeding season from June 2022 to September 2022 by using 10 transect lines with the distance of 1.5 km per line transect. Distance sampling and DISTANCE 7.5 program were used to estimate hornbill density, based on sighting data. The results indicated that 52 observations for the Great Hornbill were detected. The density and the mean cluster size of the Great Hornbill were 2.86 (95% CI = 1.10-7.45) individuals/km² and 1.90 individuals/cluster. The results can be used for planning conservation and management of the Great Hornbill.

Keywords: Density estimation, Great Hornbill, Hornbills, Khao Yai National Park, Population

คำนำ

นกเงือก (hornbills) มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศและถูกจัดเป็น keystone species เนื่องจากมีบทบาทในการกระจายเมล็ดพันธุ์พืชไปยังพื้นที่อื่น ๆ ที่กว้างขึ้น (Poonswad et al., 2013) รวมทั้ง เป็นดัชนีชี้วัดสภาพแวดล้อมด้านป่าไม้ที่สำคัญ เนื่องจากนกเงือกมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และใช้พื้นที่อาศัยที่ต่อเนื่องและต้นไม้ขนาดใหญ่ เพื่อเป็นโพรงสร้างรังและแหล่งอาหาร (พรกมล และคณะ, 2553) ปัจจุบันประชากรนกเงือกมีแนวโน้มลดลงจากการลดลงของพื้นที่ป่าปฐมภูมิ (primary forest) ในอัตราเฉลี่ย 1.27 ล้านเฮกตาร์ต่อปี ในช่วงปี 2010–2020 (FAO, 2020) ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ทำรังและแหล่งอาหารของนกเงือก นอกจากนี้ ปัญหาการล่าสัตว์ เป็นภัยคุกคามหลัก แม้ว่านกเงือกมีการทำรังอยู่ในโพรงไม้ที่เห็นได้ยาก แต่มีขนาดตัวที่ใหญ่และมีพฤติกรรมการส่งเสียงดัง ทำให้เป็นเป้าหมายของคนที่ยุ่ล่าสัตว์ เพื่อนำไปเป็นอาหารและการค้าสัตว์ (Poonswad et al., 2013) ทำให้นกเงือกหลายชนิดในประเทศไทยถูกจัดอยู่ในสถานภาพใกล้สูญพันธุ์และใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง ตามบัญชีของ IUCN Red List (Trisurat et al., 2013)

อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ถูกจัดตั้งเป็นอุทยานแห่งชาติแห่งแรกของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2505 เนื่องจากมีพื้นที่ที่มีสภาพธรรมชาติที่โดดเด่น ควรคุ้มครองรักษาให้มีอยู่ มีเนื้อที่ประมาณ 2,168 ตารางกิโลเมตร และได้รับแต่งตั้งเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่มรดกโลกทางธรรมชาติกลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ เมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2548 เนื่องจากเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยที่สำคัญของสัตว์ป่าหลายชนิด และได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น “พื้นที่สำคัญเพื่อการอนุรักษ์นก” (Important Bird Area หรือ IBA) อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของนกเงือก 4 ชนิด จาก 13 ชนิดที่พบในประเทศไทย ได้แก่ นกแก๊ก *Anthracoceros albirostris* นกกก *Buceros bicornis* นกเงือกกรามช้าง *Aceros undulatus* และนกเงือกสีน้ำตาลคอขาว *Anorrhinus austeni* (จารุจินต์ และคณะ, 2561; สหประชากรมอนูรักษนและธรรมชาติและประเทศไทย, 2563) โดยนกกกเป็นนกเงือกที่พบได้บ่อยในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ซึ่งในพื้นที่เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่หากินของนกเงือกเพศผู้ 3 ชนิด ในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ได้แก่ นกกก นกเงือกสีน้ำตาล และนกเงือกกรามช้าง โดย Poonswad and Tsuji (1994) นอกจากนี้ Poonswad (2008) ได้ศึกษาลักษณะของโพรงรังนกเงือก 4 ชนิดที่อยู่ในพื้นที่อาศัยเดียวกันในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ด้วย ด้านการศึกษาความหนาแน่นของประชากร Round et al. (2005) ได้ศึกษานิเวศวิทยาของนกป่าในพื้นที่มอสิงโต อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พบนกเงือก 4 ชนิด ได้แก่ นกแก๊ก นกเงือกสีน้ำตาล นกกก และนกเงือกกรามช้าง มีความหนาแน่น 0.57, 0.13, 0.04 และ 0.02 ตัวต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่า ในพื้นที่ยังขาดข้อมูลที่ปัจจุบันเกี่ยวกับประชากร ซึ่งถือเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญ ในการประเมินสถานภาพของสัตว์ป่าและคุณภาพของที่อยู่อาศัย ช่วยกำหนดแนวทางการจัดการประชากรสัตว์ป่าได้อย่างเหมาะสม (พรกมล และคณะ, 2010)

Distance sampling เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการประมาณความหนาแน่นของประชากรประกอบด้วย 2 วิธีหลัก คือ การสำรวจด้วยเส้นสำรวจ (line transects) และการสำรวจด้วยจุดสำรวจ (point transects) ซึ่งการศึกษานี้เลือกใช้วิธีการสำรวจด้วยเส้นสำรวจ เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้กับพื้นที่กว้างขวาง เปิดโล่ง หรือ เป็นชนิดพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ มองเห็นได้ชัดเจน มักเคลื่อนที่ และมีวงไวย (Gregory et al., 2004) ผู้วิจัยต้องบันทึกข้อมูลระยะห่างจากเส้นสำรวจหรือจุดสำรวจไปยังชนิดที่สำรวจ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาสมการ detection function ที่เหมาะสมและนำไปใช้ประมาณค่าความหนาแน่นในพื้นที่ศึกษา (Thomas et al., 2013) ปัจจุบันได้มีการจัดทำโปรแกรม DISTANCE เพื่อใช้ประมาณค่าความหนาแน่นและความชุกชุมของประชากรและให้บริการฟรี (free software) สามารถติดตั้งในรูปแบบ Windows version ได้ รวมทั้งมีสื่อเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมและเทคนิค Distance sampling ต่าง ๆ จำนวนมาก (Upton, 2020) การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความหนาแน่นของประชากรนกกก (Great

Hornbill; *Buceros bicornis*) ซึ่งเป็น 1 ใน 4 ชนิดนกเงือกที่พบในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยสำรวจในช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์บริเวณแกนกลางของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ด้วยวิธี Distance sampling

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ เลือกพื้นที่ศึกษาบริเวณแกนกลางของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ขนาด 144 ตารางกิโลเมตร (ความกว้าง 12 กิโลเมตร × ความยาว 12 กิโลเมตร) โดยกำหนดให้ที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นกึ่งกลาง แสดงดัง Fig. 1 เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีโพรงรังของนกกกระเจาอยู่มาก ทำให้มีโอกาสพบนกได้มาก และมีเส้นทางศึกษาธรรมชาติหลายเส้นทาง ทำให้ผู้สำรวจสามารถเข้าถึงพื้นที่ได้ง่าย นอกจากนี้ มีนักดูนกและนักท่องเที่ยวเข้ามาทำกิจกรรมดูนกเป็นจำนวนมาก การศึกษาในพื้นที่สามารถช่วยในการบริหารจัดการพื้นที่เพื่ออนุรักษ์นกกกระเจาควบคู่ไปกับการจัดการพื้นที่เพื่อการนันทนาการได้

การกำหนดเส้นสำรวจ

การศึกษาครั้งนี้ ใช้วิธีการสำรวจตามแนวสำรวจ (line transect) โดยวางแนวเส้นสำรวจตามแนวเส้นทางศึกษาธรรมชาติ เส้นทางลาดตระเวน และถนน จำนวน 10 เส้นทาง เส้นทางละ 1.5 กิโลเมตร แต่ละเส้นทางห่างกันอย่างน้อย 1 กิโลเมตร เพื่อป้องกันการนับซ้ำ ระยะทางรวม 15 กิโลเมตร (Fig. 1) ดำเนินการสำรวจนกตั้งแต่เดือนมิถุนายน-กันยายน 2565 ซึ่งอยู่ในช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์ รวม 4 เดือน เดือนละ 1-2 ครั้ง ครั้งละ 3-4 วัน การสำรวจในช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์หรือนอกฤดูทำรัง ซึ่งเป็นช่วงที่นกออกจากโพรงรังเรียบร้อยแล้ว การสำรวจนกในช่วงฤดูทำรังอาจทำให้พลาดการนับจำนวนนกตัวเมียและลูกที่อยู่ในโพรงรังได้ (Gregory et al., 2004) โดยสำรวจในช่วงเช้า ระหว่าง 06.00-11.00 น. และช่วงบ่าย เวลา 14.00-17.00 น. ใช้เทคนิคการสำรวจโดยตรง ด้วยการพบเห็นตัวและการจำแนกเสียงร้อง

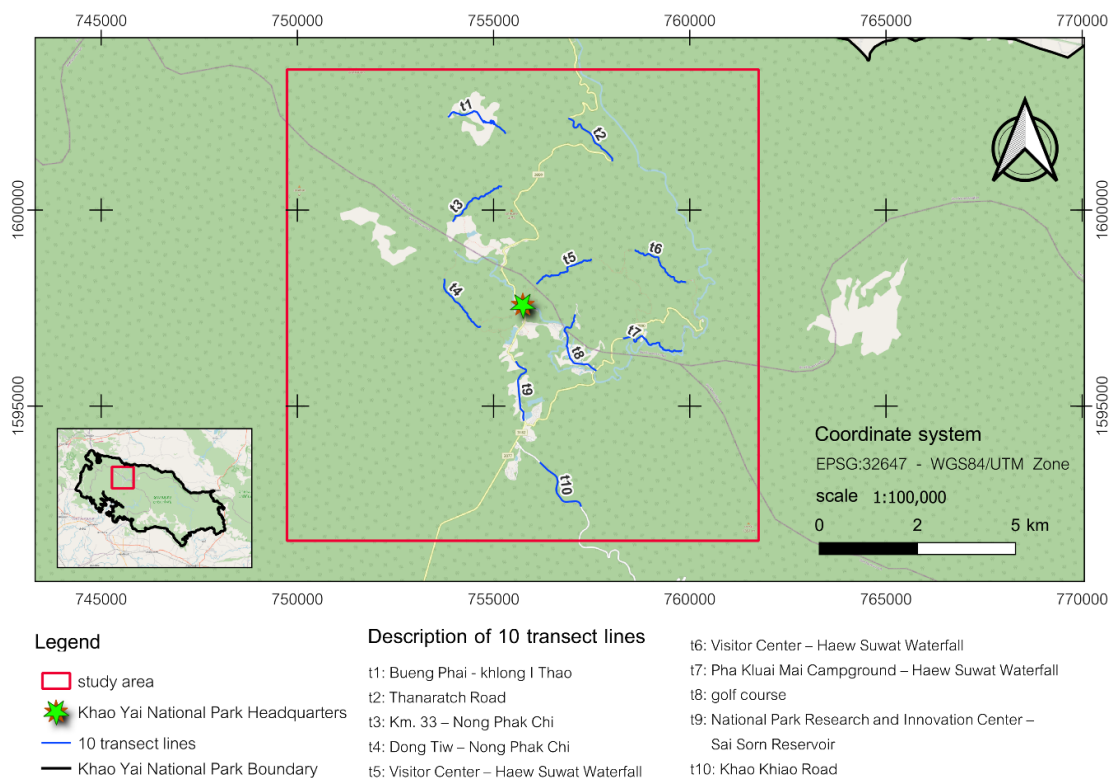


Fig. 1 The location of 10 line transects at core area of Khao Yai National Park

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ผู้วิจัยได้ฝึกการใช้อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลและการจำแนกชนิดนกก่อนเก็บข้อมูลจริงในภาคสนาม การเก็บข้อมูล ทำการบันทึกจำนวนตัวและเพศของนกที่พบ (หากสามารถระบุได้) มุมจากผู้สำรวจไปตามแนวเส้นสำรวจและมุมจากผู้สำรวจไปยังนก โดยใช้เข็มทิศพกพา ระยะทางจากผู้สำรวจถึงนก โดยใช้เครื่องวัดระยะทาง (range finder), ลักษณะการพบนก ได้แก่ การเห็นตัวโดยตรงและได้ยินเสียง พฤติกรรมของนก ได้แก่ ส่งเสียงร้อง เกาะ และบิน รวมถึงพฤติกรรมอื่น ๆ เช่น กินอาหาร และพักผ่อน เป็นต้น สำรวจซ้ำทั้งหมด 4 ครั้ง ตั้งแต่เดือนมิถุนายน-เดือนกันยายน 2565 รวมระยะทางสำรวจ 60 กิโลเมตร (1.5 กิโลเมตร × 10 เส้นสำรวจ × 4 ซ้ำ)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ นำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Distance sampling (Upton, 2020) โดยใช้โปรแกรม DISTANCE 7.5 (Thomas et al., 2010) นำมาคำนวณค่าขนาดของฝูงนกและค่าความหนาแน่นของประชากรนกที่ใช้สมการของ Buckland et al. (1993) คำนวณค่าความหนาแน่นของประชากรนก (D) โดยใช้ข้อมูลจำนวนตัว ระยะตั้งฉากจากเส้นสำรวจถึงตัวนก (P Distance) ข้อมูลเส้นสำรวจ และความยาวของเส้นสำรวจสะสม ใส่เข้าไปในโปรแกรม DISTANCE 7.5 เพื่อคำนวณความหนาแน่นอ้างอิงจากสมการ ตาม Equation 1 (Buckland et al., 1993)

$$D = \frac{n \cdot f(0)}{2L} \quad (1)$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นของประชากรนก หน่วยเป็น ตัวต่อตารางกิโลเมตร

n = จำนวนครั้งที่พบนก

f(0) = ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความหนาแน่นที่ระยะเส้นตั้งฉากที่ศูนย์ (Zero perpendicular distance)

L = ความยาวทั้งหมดของเส้นสำรวจ (กิโลเมตร)

ทั้งนี้ การวิเคราะห์ความหนาแน่นในโปรแกรม DISTANCE 7.5 ต้องทำการคัดเลือกโมเดล Detection function ที่เข้ากับข้อมูลได้อย่างเหมาะสม จากนั้นถึงทำการทดสอบสมการ โดยใช้สมการหลัก (Key function) ได้แก่ half-normal, hazard-rate และ uniform และสมการปรับแก้ (Series expansion) คือ cosine ที่ทำให้เส้นกราฟ Detection function เข้ากับข้อมูลการสำรวจได้ดีขึ้น และอาจต้องตัดทอนข้อมูลบางส่วน (Data filter) ด้วยการ truncation เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เข้ากับโมเดลมากที่สุด การคัดเลือกสมการที่เหมาะสมกับข้อมูล ใช้หลักการของ Buckland et al. (1993) ดังนี้ เลือกสมการที่ให้ค่า AIC (Akaike's information criterion) ต่ำที่สุด ซึ่งแสดงว่าเป็นโมเดลที่เข้ากับข้อมูลมากและไม่มีตัวแปรมากเกินไปตามหลัก the principle of parsimony, เลือกสมการที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (%CV) ที่ต่ำที่สุด ซึ่งสามารถบอกได้ว่ามีความถูกต้อง (precision) ของข้อมูลมากที่สุด, เลือกสมการที่มีช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% (95% CI confidence Interval) ไม่กว้างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงของข้อมูลมีความแปรผันน้อย และเลือกสมการที่มีค่า GOF Chi-p (Goodness-of-fit test χ^2) มากกว่า 0.05 แสดงว่าสมการที่เลือกมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสำรวจประชากรนกกก ในช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน-กันยายน 2565 รวม 4 ครั้ง ต่อ 10 เส้นสำรวจ ครอบคลุม เส้นทางศึกษาธรรมชาติ ถนน และเส้นทางลาดตระเวน คิดเป็นระยะทางรวม 60 กิโลเมตร ในบริเวณแกนกลางของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พบนกกก (*Buceros bicornis*) จำนวน 52 ครั้ง แบ่งเป็น ได้ยินเสียงร้อง จำนวน 32 ครั้ง และพบเห็นตัวโดยตรง 20 ครั้ง รวมจำนวน 38 ตัว และเมื่อนำมาคำนวณค่าขนาดของฝูงและอัตราการพบนกกก ได้ผลการศึกษา ดังนี้

ขนาดของฝูงและอัตราการพบนกกก

เมื่อนำข้อมูลการสำรวจนกกกเฉพาะที่พบเห็นตัวโดยตรงมาคำนวณค่าเฉลี่ยของขนาดฝูงนก (mean cluster size) พบว่า นกกก มีขนาดของฝูงนก 1.90 ตัว/ฝูง (Table 1) ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Gale and Thongaree (2006) ที่ได้สำรวจความหนาแน่นของนกเงือก 9 ชนิด ในพื้นที่ป่าที่ราบต่ำของไทย โดยพบนกกก เฉลี่ย 1.8 ตัวต่อฝูง และงานวิจัยของ พรกมล และคณะ (2010) ที่ได้ประเมินความหนาแน่นประชากรนกเงือก ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง โดยพบนกกก 2.21 ตัวต่อฝูง เมื่อพิจารณาอัตราการพบนกเงือก (encounter rate, N/L) นกกกมีอัตราการพบ 0.33 (Table 1) โดย พรกมล และคณะ (2553) ได้ประเมินอัตราการพบนกกก มีค่าเท่ากับ 0.07 ซึ่งน้อยกว่างานวิจัยนี้ เนื่องจากพื้นที่ศึกษาของพรกมล และคณะ (2553) ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ป่าดิบทำให้สังเกตเห็นตัวนกเงือกได้ยากกว่างานวิจัยนี้ที่ทำในพื้นที่ทั้งป่าเปิด ป่าดิบ และทุ่งหญ้า ที่สามารถมองเห็นนกได้ง่ายกว่า เมื่อพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่ออัตราการพบนกพบว่า มีหลายปัจจัย (Rosenstock et al., 2002) ได้แก่ ทักษะและความสามารถในการพบนกของผู้สำรวจ สภาพแวดล้อมและปัจจัยทางกายภาพและพฤติกรรมของนก โดยผู้สำรวจที่มีความชำนาญในการสำรวจและการจำแนกเสียงร้องของนก จะสามารถพบนกได้มากกว่า นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมในพื้นที่ที่มีปริมาณเมฆหนาแน่นและฝนตก ทำให้ผู้สำรวจสังเกตเห็นนกได้ยากและนกมักลดพฤติกรรมลง ทำให้มีโอกาสในการพบนกลดลง รวมทั้งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ โดยเฉพาะในวันหยุด จะมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก การสำรวจนกบริเวณถนนในวันที่มีรถยนต์หนาแน่น มีการพบนกน้อยกว่าในวันอื่น ๆ รวมทั้ง การสำรวจในเส้นทางศึกษาธรรมชาติ หากมีนักท่องเที่ยวเข้ามาเดินในเส้นทางศึกษาธรรมชาติมาก ทำให้โอกาสการพบนกน้อยลง ในส่วนของปัจจัยทางกายภาพและพฤติกรรมของนก จากการสำรวจนกมักเคลื่อนที่ทันทีเมื่อผู้สำรวจเดินเข้าใกล้ จึงอาจส่งผลต่ออัตราการพบนกในพื้นที่ได้

Table 1 Number of clusters and estimation of mean cluster size of Great Hornbill (*Buceros bicornis*) in non-breeding season at the core area of Khao Yai National Park from June to September 2022

Detection	Number of clusters observations (n)	Mean cluster size	Standard error	Encounter rate (n/L)
Sighting	20	1.90	0.27	0.33

การคัดเลือกโมเดลที่ใช้ประเมินความหนาแน่นของนกกก

ผลการคัดเลือกโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความหนาแน่นของนกกก แสดงดัง Table 2 พบว่า โมเดลที่เข้ากับข้อมูลได้อย่างเหมาะสมในการวิเคราะห์ความหนาแน่นของนกกก คือ การใช้สมการหลัก (Key function) Uniform และสมการปรับแก้ (Series expansion) cosine รวมทั้ง มีการตัดทอนข้อมูลที่ระยะ 150 เมตร โดยกราฟ Detection

Probability แสดงดัง Fig. 2 พบว่า โมเดลดังกล่าวให้ค่า Goodness-of-fit chi-square test probability (GOF Chi-p) เท่ากับ 0.74 และมีค่า AIC เท่ากับ 132.76 เมื่อพิจารณาค่าความหนาแน่นของนกตก ที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 (95% CI) มีค่าเท่ากับ 1.10–7.45 และมีค่าร้อยละของสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) 47.80 แสดงว่า จำนวนตัวอย่างข้อมูลมีค่อนข้างน้อย เนื่องจากสำรวจในระยะเวลา 4 เดือน ดังนั้น การศึกษาประชากรนกเงือก ควรทำการศึกษาวิจัยระยะยาว และติดตามอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีจำนวนประชากรน้อย (Poonswad et al., 2013) เพื่อให้ข้อมูลเพิ่มเติมและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ ควรมีจำนวนการพบนก อย่างน้อย 60–80 ครั้ง จึงทำให้ข้อมูลเข้ากับโมเดล Detection function ได้ดีขึ้น (Buckland et al., 1993; Barraclough, 2000)

Table 2 Key function and Series expansion for the detection function fitted to Great Hornbill (*Buceros bicornis*) density estimation data in non-breeding season at the core area of Khao Yai National Park from June to September 2022

Key function + Series expansion	Right Truncation (m)	Akaike Information Criterion (AIC)	Goodness-of-fit chi-square test probability (GOF Chi-p)	Density 95% CI	%CV
Uniform + cosine	150	132.76	0.74	1.10-7.45	47.80

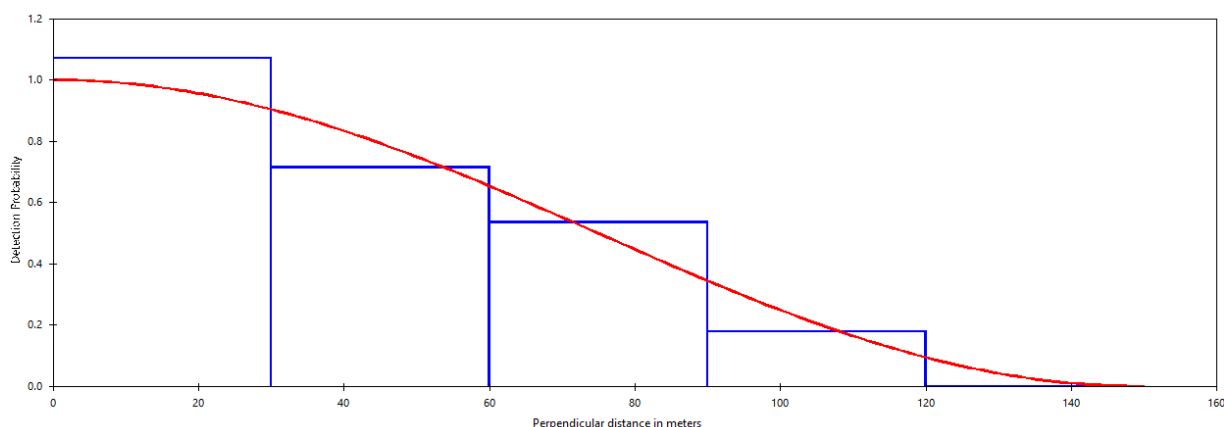


Fig. 2 Detection Probability Plot of Great Hornbill (*Buceros bicornis*) by using uniform key function, cosine series expansion and 150 m right truncation

ความหนาแน่นของนกตก

เมื่อนำโมเดลที่เหมาะสมมาพิจารณาความหนาแน่น พบว่า นกตก มีความหนาแน่นของฝูง 1.56 ฝูงต่อตารางกิโลเมตร และมีค่าความหนาแน่น 2.86 ตัวต่อตารางกิโลเมตร (CV = 47.80%) (Table 3) ซึ่งค่า CV ค่อนข้างสูง เนื่องจากในการวิเคราะห์ใช้เฉพาะข้อมูลการพบเห็นตัว จำนวนเพียง 14 ครั้ง ดังนั้น เมื่อนำมาคำนวณค่าความหนาแน่น อาจทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องน้อย เมื่อนำข้อมูลการได้ยินเสียงร้องมาวิเคราะห์ร่วมด้วยโดยใช้โมเดลเดียวกัน พบว่า นกตกมีความหนาแน่นของฝูง 2.11 ฝูงต่อตารางกิโลเมตร และมีความหนาแน่น 3.42 ตัวต่อตารางกิโลเมตร (CV=33.5%) ด้วยจำนวนตัวอย่างที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่า CV มีค่าน้อยลง แต่การนำข้อมูลการได้ยินเสียงมาใช้ อาจทำให้การประมาณจำนวนตัวที่ได้ยินเสียงมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น การเก็บข้อมูลการสำรวจนกตกเพิ่มมากขึ้น โดยการเพิ่มจำนวนครั้งในการสำรวจต่อเส้นสำรวจมากขึ้น เพื่อให้มีจำนวนการพบนกเพิ่มขึ้น ทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้าที่มีการประเมินความหนาแน่นของนกเงือกในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดย Round et al. (2005) ได้ประเมินความหนาแน่นของนกเงือก บริเวณมอสิงโต อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ตั้งแต่ปี 2546-2548 ด้วยวิธี line transect โดยมีความหนาแน่นของนกเงือก 4 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งมีความมากกว่าการสำรวจในครั้งนี้ ที่มีเพียง 2.86 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ทั้งนี้อาจขึ้นกับระยะเวลาที่ใช้ในการสำรวจ ความชำนาญของผู้สำรวจ และสภาพพื้นที่ศึกษา เนื่องจากพื้นที่สำรวจในระหว่างการศึกษามีสภาพเป็นทุ่งหญ้าและขอบป่าด้วย ทำให้พบนกได้ง่าย ส่วน Gale and Thongaree (2006) ได้ประเมินความหนาแน่นของนกเงือก 9 ชนิด ในพื้นที่ป่าบาลา เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา ด้วยวิธี line transect พบว่า ความหนาแน่นของนกเงือก 0.12 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งมีความน้อยกว่าการสำรวจในครั้งนี้ เนื่องจากพื้นที่สำรวจเป็นป่าดิบชื้น พบนกได้ยาก และนกเงือกมีการแข่งขันกับนกเงือกหัวแตรในพื้นที่และนกเงือกหัวแตรเป็นชนิดพันธุ์เด่น ทำให้นกเงือกมีความหนาแน่นน้อย นอกจากนี้ พรกมล และคณะ (2553) ได้ประเมินความหนาแน่นของนกเงือกในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ด้วยวิธี point transects พบว่า นกเงือก มีความหนาแน่น 5.28 ตัวต่อตารางกิโลเมตร ($n = 71$)

Table 3 Density of clusters and density estimation of Great Hornbill (*Buceros bicornis*) in non-breeding season at the core area of Khao Yai National Park from June to September 2022

Detection	density of clusters (DS) (clusters/km ²)	number of observed objects (n)	Density (individuals/km ²)				
			Density (D)	standard error (SE±)	% coefficient of variation (%CV)	95% Confidence Interval (95% CI)	
						Lower	Upper
Sighting	1.56	14	2.86	1.37	47.80	1.10	7.45
Sighting + Hearing	2.11	19	3.42	1.15	33.50	1.74	6.75

สรุป

จากการสำรวจเพื่อประเมินความหนาแน่นของประชากรนกเงือก (*Buceros bicornis*) ในพื้นที่แกนกลางของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่ 144 ตารางกิโลเมตร ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงกันยายน 2565 ใช้วิธีการสำรวจตามแนวเส้นสำรวจ (line transect) รวมระยะทาง 60 กิโลเมตร ผลการศึกษา พบนกเงือก ทั้งหมด 52 ครั้ง มีความหนาแน่น 2.86 ($n = 14$) ตัวต่อตารางกิโลเมตร และมีขนาดของฝูงนกเงือก 1.90 ตัว/ฝูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการปริญญาโท สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม (ภาคพิเศษ) คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ มูลนิธิศึกษาวิจัยนกเงือก คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความรู้ทางวิชาการในการทำวิจัย ขอขอบคุณ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่อนุญาตให้เข้าทำวิจัยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ขอขอบคุณหัวหน้าอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิชาการ และ ฝ่ายอนุรักษ์ทรัพยากร อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ รวมทั้ง หัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาอนุรักษ์อุทยานแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา และ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอนุรักษ์อุทยานแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเจ้าหน้าที่ในการร่วมเดินสำรวจ

เอกสารอ้างอิง

จารุจินต์ นกทีตะภาฎ, กานต์ เลขะกุล, วชระ สงวนสมบัติ. 2561. คู่มือศึกษารวมชาติหมอบัญส่ง เลขะกุล นกเมืองไทย.

คณะบุคคลนายแพทย์บุญส่ง เลขะกุล. กรุงเทพฯ.

พรกมล จรบูรณ์, วิจักขณ์ ฉิมโถม, อนรรฆ พัฒนวิบูลย์. 2553. การประเมินความหนาแน่นประชากรนกเงือก ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. วารสารวนศาสตร์ไทย 29: 1–11.

สมาคมอนุรักษ์นกและธรรมชาติแห่งประเทศไทย. 2563. รายงานสรุปผลโครงการสำรวจประชากรนกเขาใหญ่ 2563.

<https://www.bcst.or.th/wp-content/uploads/2020/10/Khao-Yai-Census-2020.pdf>, 6 สิงหาคม 2565.

Barracough, R.K. 2000. Distance sampling: A discussion document produced for the Department of Conservation. Department of Conservation. Wellington, New Zealand.

Buckland, S., Anderson, D., Burnham, K., Laake, J. 1993. Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman and Hall. London, UK.

FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. FAO. Rome, Italy.

Gale, G., Thongaree, S. 2006. Density estimates of nine hornbill species in a lowland forest site in southern Thailand. Bird Conserv. Int. 16: 57–69. doi: 10.1017/S0959270906000037

Gregory, R., Gibbons, D., Donald, P. 2004. Bird census and survey techniques. In: Sutherland, W.J, Newton, I., Green, R.E. (Eds.). Bird Ecology and Conservation; A Handbook of Techniques. Oxford University Press. Oxford, UK, pp. 17–56.

Poonswad, P. 2008. Nest site characteristics of four sympatric species of hornbills in Khao Yai National Park, Thailand. IBIS 137: 183-191. doi.org/10.1111/j.1474-919X.1995.tb03238.x

Poonswad, P., Chimchome, V., Mahannop, N., Mudsri, S. 2013. Conservation of Hornbills in Thailand. In: Sodhi, N.S., Gibson, L., Raven, P.H. (Eds.). Conservation Biology: Voices from the Tropics. Wiley Blackwell. New Jersey, NJ, USA, pp. 157–166.

Poonswad, P., Tsuji, A. 1994. Ranges of males of the Great Hornbill *Buceros bicornis*, Brown Hornbill *Ptilolaemus tickelli* and Wreathed Hornbill *Rhyticeros undulatus* in Khao Yai National Park, Thailand. IBIS 136: 79–86. doi: 10.1111/j.1474-919X.1994.tb08133.x

Rosenstock, S.S., Anderson, D.R., Giesen, K.M., Tony, L., Carter, M.F. 2002. Landbird counting techniques: Current practices and an alternative. The Auk 119: 46–53. doi.org/10.1093/auk/119.1.46

Round, R., Gale, G., Pierce, A.J., Pobprasert, K., Sankamethawe, W., Tokue, K., Nimnuan, S., Pattanavibool, A., Brockelman, W. 2005. The ecology of forest birds at Mo-Singto, Khao Yai. In: Proceedings of 9th Conference of the Biodiversity Research and Training. Khon Kaen, Thailand, pp. 41–53.

Thomas, L., Buckland, S., Burnham, K., Anderson, D., Laake, J., Borchers, D., Strindberg, S. 2013. Distance Sampling. In: Piegorsch, W., El-Shaarawi, A. (Eds.). Encyclopedia of Environmetrics, 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltd. New Jersey, NJ, USA.

Thomas, L., Buckland, S., Rexstad, E., Laake, J., Strindberg, S., Hedley, S., Bishop, J., Marques, T., Burnham, K. 2010. Distance software: Design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. J. Appl. Ecol. 47: 5–14. doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x

Trisurat, Y., Chimchome, V., Pattanavibool, A., et al. 2013. An assessment of the distribution and conservation status of hornbill species in Thailand. *Oryx* 47: 441–450.

Upton, G. 2020. *Measuring Abundance: Methods for the Estimation of Population Size and Species Richness*. Pelagic Publishing. UK.

สาขาสัตวแพทยศาสตร์

(Subject: Veterinary Medicine)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในผลิตภัณฑ์เลือดชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัข
Effect of storage duration on biochemical changes in canine packed red blood cells

พงษ์ศักดิ์ จันทร์ลอยนภา^a, สมฤดี สมมาตย์^a, ปนัดดา คงจันทร์^a, ชิดชนก คัมภีรานนท์^a, เสลภูมิ ไพเราะ^{a,b,*}

Phongsak Chanloinapha^a, Somruedee Sommat^a, Panadda Kongchan^a, Chidchanok kampiranon^a, Selapoom Pairor^{a,b,*}

^aหน่วยธนาคารเลือดเพื่อสัตว์เลี้ยง โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาเวชศาสตร์ คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aPet blood bank, Kasetsart University Veterinary Teaching Hospital, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Companion Animal Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: selapoom_ake@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในผลิตภัณฑ์เลือดชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขซึ่งเก็บรักษาในน้ำยา CPDA-1 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยทำการเปรียบเทียบระดับโพแทสเซียม ค่า pH ระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน รวมทั้งเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงในวันแรกที่ทำกรปั่นแยก และในวันที่ 3, 7, 14, 21, 28 และ 35 ของการเก็บรักษา ผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระดับโพแทสเซียม ระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน และเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดง และมีความสัมพันธ์กับการลดลงของค่า pH โดยพบว่าเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 และ 35 วัน มีระดับโพแทสเซียม ค่า pH ระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน และเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 21 วัน

คำสำคัญ: เม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัข, ระยะเวลาการเก็บรักษา, การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี, การถ่ายเลือด

Abstract

This study aims to evaluate the effects of storage time on biochemical changes in CPDA-1-preserved canine packed red blood cells stored at 4 °C, by comparing the level of potassium, pH, level of supernatant hemoglobin and percentage of hemolysis in the sample in the first day of blood product processing, and day 3, 7, 14, 21, 28 and 35 of the storage period. The results revealed that the length of storage time was related to the increase in the level of potassium, supernatant hemoglobin and percentage of hemolysis, and a decline in pH. All parameters were significantly altered in canine packed red blood cells stored at 4 °C up to 28 and 35 days comparing to those in canine packed red blood cells stored at 4 °C for 21 days ($p < 0.05$).

Keywords: Canine packed red blood cells, Biochemical changes, Blood transfusion, Storage time

คำนำ

เม็ดเลือดแดงเข้มข้น (packed red blood cells; PRBCs) เป็นผลิตภัณฑ์เลือดชนิดที่มีเม็ดเลือดแดงเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเตรียมได้โดยการแยกเม็ดเลือดแดงจากเลือดครบส่วน (whole blood) ด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยง (centrifugation) โดยมีความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 80 (Abrams-Ogg and Blois, 2022) เม็ดเลือดแดงเข้มข้นมีข้อบ่งใช้ทางคลินิกที่สำคัญคือการให้เพื่อชดเชยเม็ดเลือดแดงให้กับสัตว์ป่วยที่มีภาวะโลหิตจาง (Kisielewicz, 2016) โดยเฉพาะในสัตว์ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำเกิน (volume overload) หรือสัตว์ป่วยที่มีภาวะโลหิตจางโดยที่ยังมีปริมาตรของพลาสมาในร่างกายเท่าเดิม (euvolemic anemia) เช่น ภาวะโลหิตจางเนื่องจากเม็ดเลือดแดงแตก หรือภาวะโลหิตจางเนื่องจากความผิดปกติในการทำงานของไขกระดูก (Walker, 2016)

เม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิระหว่าง 1–6 องศาเซลเซียสได้นาน 21–35 วัน (Kisielewicz, 2016; Abrams-Ogg and Blois, 2022) ขึ้นกับชนิดของน้ำยาป้องกันการแข็งตัวและเก็บรักษาสภาพส่วนประกอบโลหิต (anticoagulant preservative solution) ที่เลือกใช้ โดยในระหว่างการเก็บรักษานั้น มักพบการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดแดงอันเป็นผลจากการเก็บรักษา (red blood cell storage lesion) อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (physical changes) และการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolic changes) ของเซลล์เม็ดเลือดแดง (Obrador et al., 2015; Klein, 2017; Abrams-Ogg and Blois, 2022) รวมทั้งยังพบการเพิ่มขึ้นของความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative stress) ซึ่งมีผลกระทบต่อความอยู่รอด (cell viability) ของเม็ดเลือดแดงขณะเก็บรักษาอีกด้วย (Singkanya et al., 2010) โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มักพบมากขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา (Obrador et al., 2015) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดแดงที่เกิดขึ้นนี้ นอกจากจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเม็ดเลือดแดงเข้มข้นแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดผลข้างเคียงไม่พึงประสงค์ต่อสัตว์ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการให้เม็ดเลือดแดงเข้มข้นอีกด้วย (Obrador et al., 2015; Abrams-Ogg and Blois, 2022) โดยการศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี (biochemical changes) ของผลิตภัณฑ์เลือดที่อยู่ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลกระทบต่อประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เลือดที่จะนำไปใช้เพื่อการถ่ายเลือดอีกด้วย (Oyet et al., 2018)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขในระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน โดยข้อมูลจากการศึกษาดังกล่าวนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแนวปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัข รวมทั้งยังใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงในการเกิดผลข้างเคียงไม่ประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นกับสุนัขป่วยที่ได้รับเม็ดเลือดแดงเข้มข้นที่ผ่านการเก็บรักษาในระยะเวลาต่างๆ กันอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

สุนัขพันธุ์ผสม เพศผู้ อายุ 2–5 ปี น้ำหนักตัวมากกว่าหรือเท่ากับ 20 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว ซึ่งมีสุขภาพดี มีผลการตรวจค่าทางโลหิตวิทยาและค่าชีวเคมีของเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติ รวมทั้งไม่พบปรสิตในเลือดจากการตรวจดูสเมียร์เลือด สุนัขทุกตัวมีค่าความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง (hematocrit; Hct) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 35

การเตรียมตัวอย่างเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัข

เจาะเก็บเลือดสดครบส่วน (fresh whole blood) จากสุนัขทั้ง 5 ตัว ตัวละ 350 มิลลิลิตร โดยใช้ถุงเก็บเลือดมาตรฐานแบบสองถุง (double bag) ที่มีขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร และมีน้ำยาป้องกันการแข็งตัวและเก็บรักษาสภาพส่วนประกอบของเลือดชนิด citrate-phosphate-dextrose-adenine 1 (CPDA-1) ปริมาตร 49 มิลลิลิตร การเจาะเก็บเลือดเป็นการเจาะจากเส้นเลือดดำ jugular vein ด้วยวิธีการปลอดเชื้อ และไม่มีการใช้ยาซึมหรือยาสลบในขณะการเจาะเก็บเลือด

นำเลือดสดครบส่วนที่ได้ไปแยกส่วนประกอบภายในระยะเวลาไม่เกินกว่า 2 ชั่วโมงภายหลังจากการเจาะเก็บเลือดจากตัวสุนัข โดยใช้วิธีการปั่นให้ตกตะกอน (centrifugation) ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนชนิดควบคุมอุณหภูมิสำหรับงานธนาคารเลือด ด้วยความเร็ว $5,000 \times g$ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที (Abrams-Ogg and Blois, 2022) จากนั้น บีบแยกพลาสมาออกจนเหลือเฉพาะเม็ดเลือดแดงเข้มข้นซึ่งตกตะกอนอยู่ก้นถุง แล้วนำเม็ดเลือดแดงเข้มข้นไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในตู้แช่เย็นสำหรับเก็บผลิตภัณฑ์เลือด จนกระทั่งสิ้นสุดระยะเวลาการทำการศึกษา

การตรวจประเมินค่าทางชีวเคมีในตัวอย่างเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัข

ทำการวัดระดับโพแทสเซียม ค่า pH ระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน (supernatant hemoglobin) และคำนวณเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดง (percentage of hemolysis) จากตัวอย่างเม็ดเลือดแดงเข้มข้น ในวันแรกที่ทำการปั่นแยก (D1) และในวันที่ 3, 7, 14, 21, 28 และ 35 ของการเก็บรักษา (D3, D7, D14, D21, D28, D35) ตามลำดับ โดยการวัดระดับโพแทสเซียมและค่า pH ในตัวอย่าง ทำโดยการตรวจด้วยเครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือดแบบอัตโนมัติ (automated blood gas analyzer) การวัดระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน ทำโดยการวัดความเข้มข้นของฮีโมโกลบินอิสระในของเหลวเหนือตะกอน (supernatant cell-free hemoglobin) โดยใช้ optical spectrophotometer (Chang et al., 2017) หลังจากนั้นนำค่าฮีโมโกลบินที่วัดได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงโดยใช้สมการตาม Equation 1:

$$\text{Percentage of hemolysis} = \frac{(100 - \text{Hct}) \times \text{Supernatant cell - free hemoglobin (g dl}^{-1}\text{)}}{\text{Total hemoglobin (g dl}^{-1}\text{)}} \quad (1)$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธี repeated measures ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วย Bonferroni's multiple comparison post-hoc test โดยใช้โปรแกรม GraphPad Prism, Version 6.0 h for Macintosh (GraphPad Prism Software, San Diego, USA) ความแตกต่างทางด้านสถิติอย่างมีนัยสำคัญของทุกการทดสอบต้องมีค่า $p < 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเปรียบเทียบระดับโพแทสเซียม ค่า pH ระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน และเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน แสดงใน Table 1 และ Fig. 1–4 โดยพบว่าระดับโพแทสเซียมในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้วเป็นเวลา 3 วัน ($p < 0.05$) และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าระดับของโพแทสเซียมจะมีการเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 28–35 วัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระดับโพแทสเซียมที่วัดได้ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 21 พบว่าระดับโพแทสเซียมที่วัดได้ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 28 วันและ 35 วัน มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$ และ $p < 0.001$ ตามลำดับ) ส่วนค่า pH ในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขนั้น จะพบว่าเริ่มมีการลดลงจากวันแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 21 วัน ($p < 0.05$) ก่อนจะลดลงอย่างมากเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 28–35 วัน ($p < 0.001$) โดยพบว่าระดับ pH ที่วัดได้ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 28 วันและ 35 วัน จะมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับค่า pH ที่วัดได้ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 21 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ และ $p < 0.01$ ตามลำดับ) ส่วนการเพิ่มขึ้นของระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอนนั้นพบว่าเริ่มมีการเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 21 วัน ($p < 0.01$) โดยเมื่อเปรียบเทียบระดับของฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอนที่วัดได้ในวันที่ 28 และ 35 วันของการเก็บรักษา พบว่ามีค่าสูงกว่าระดับที่วัดได้ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงในระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน พบว่าเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาไม่เกิน 21 วัน มีเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวันแรก แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 28–35 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าในวันที่ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

โพแทสเซียมเป็นอิเล็กโทรไลต์ที่อยู่ในเซลล์ (intracellular electrolyte) โดยมีกระบวนการควบคุมการเคลื่อนผ่านเข้าออกเซลล์ที่อาศัยการทำงานของ sodium-potassium-ATPase cationic pump ซึ่งอยู่ที่บริเวณผิวเซลล์ (Adams et al., 2015) การเกิดการแตกของเม็ดเลือดแดง (hemolysis) จะทำให้ระดับโพแทสเซียมในพลาสมาสูงขึ้นได้เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของโพแทสเซียมออกจากเซลล์ การศึกษาในครั้งนี้พบว่าระดับโพแทสเซียมในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ ซึ่งเป็นการศึกษาในเม็ดเลือดแดงของมนุษย์ที่มีการเก็บรักษาในธนาคารเลือดที่ระยะเวลาต่างๆ กัน (Oyet et al., 2018) อย่างไรก็ตาม การศึกษาในครั้งนี้พบว่าระดับโพแทสเซียมในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขเริ่มมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้วเป็นเวลา 3 วัน และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 28–35 วัน ในขณะที่พบเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้วเป็นเวลา 28–35 วัน ซึ่งสันนิษฐานว่า การเพิ่มขึ้นของระดับโพแทสเซียมในระยะแรกก่อนที่จะมีเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นนั้น อาจเป็นผลมาจากการทำงานที่ผิดปกติไปของ sodium-potassium-ATPase cationic pump บนผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จึงทำให้มีการเคลื่อนที่ของโพแทสเซียมออกจากเซลล์ ทั้งนี้เนื่องจากมีรายงานการศึกษาที่พบว่า sodium-potassium-ATPase cationic pump จะมีการทำงานลดลงเมื่ออยู่ที่อุณหภูมิ 1–4 องศาเซลเซียส หรืออยู่ในสภาวะที่มี ATP ลดต่ำลง (Bennett-Guerrero et al., 2007; D'Alessandro et al., 2015) การเพิ่มขึ้นของระดับโพแทสเซียมในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นนี้อาจส่งผลให้เกิดภาวะโพแทสเซียมในเลือดสูง (hyperkalemia) ในสุนัขป่วยที่ได้รับผลิตภัณฑ์เลือดดังกล่าวได้ (Obrador et al., 2015)

การศึกษานี้พบการลดลงของระดับ pH ของเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาก่อนหน้า (Obrador et al., 2015; Oyet et al., 2018; Abrams-Ogg and Blois, 2022) โดยการลดลงของระดับ pH นี้ อาจเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของกรดที่เกิดจากกระบวนการเผาผลาญของเซลล์เม็ดเลือดแดง ทั้งนี้จากการศึกษาของ Wilson et al (2017) และ Oyet et al (2018) พบว่าการลดลงของระดับ pH ในผลิตภัณฑ์เลือดที่ทำการ

เก็บรักษาไว้นั้น มีความสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของระดับ lactate ซึ่งเกิดขึ้นจากการกระบวนการเผาผลาญกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism of glucose) ของเม็ดเลือดแดงในระหว่างการเก็บรักษา การลดลงของระดับ pH ในเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา อาจเป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาไม่พึงประสงค์ (adverse transfusion reaction) เมื่อมีการให้ผลิตภัณฑ์เลือดที่มีอายุการเก็บรักษาที่นานให้แก่สุนัขป่วยที่มีความบกพร่องในการดูดกรดในร่างกาย โดยเฉพาะในสุนัขป่วยที่มีภาวะเลือดเป็นกรด (acidemia) อย่างรุนแรง (Abrams-Ogg and Blois, 2022)

Table 1 Level of potassium, pH, supernatant hemoglobin and percentage of hemolysis in CPDA-1-preserved canine PRBCs during 35 days of storage (n = 5)

Parameter	D1	D3	D7	D14	D21	D28	D35
Potassium (mmol/L)	2.69±0.33	3.60±0.32	4.26±0.43	4.96±0.34	5.30±0.16	7.12±0.34	8.98±0.43
pH	7.12±0.15	7.06±0.11	6.93±0.13	6.76±0.23	6.56±0.17	6.14±0.15	6.04±0.19
Supernatant hemoglobin (g/dL)	1.27±0.12	1.32±0.07	1.37±0.03	1.40±0.02	1.60±0.14	1.96±0.19	2.28±0.26
Percentage of hemolysis	0.23±0.02	0.27±0.03	0.27±0.03	0.29±0.04	0.31±0.04	0.62±0.04	0.68±0.02

Note: Data are means±SD

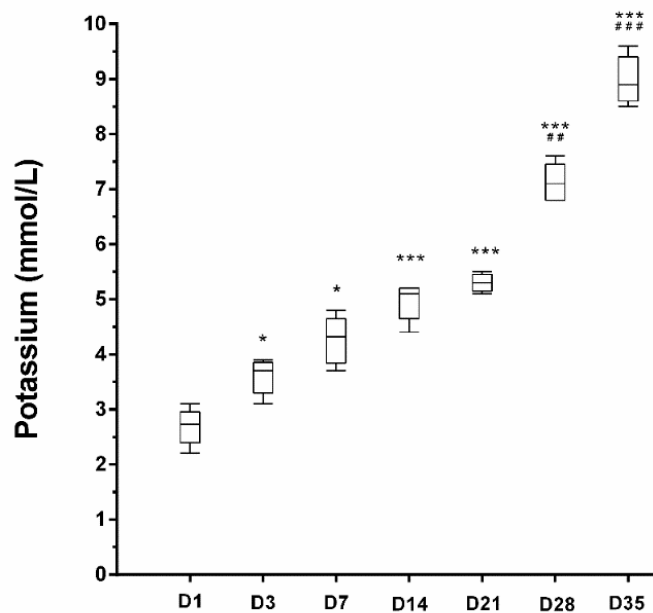


Fig. 1 Level of potassium in canine PRBCs stored at 4 °C during 35 days of storage. (*) represent the significance that was assigned according to the comparison with D1; * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$. (#) represent the significance that was assigned according to the comparison with D21; ## $p < 0.01$, ### $p < 0.001$.

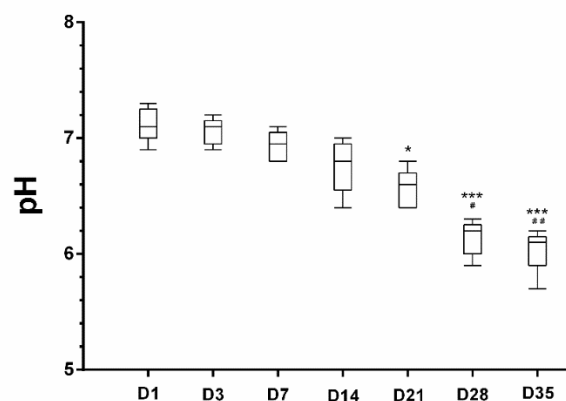


Fig. 2 Level of pH in canine PRBCs stored at 4°C during 35 days of storage. (*) represent the significance that was assigned according to the comparison with D1; * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$. (#) represent the significance that was assigned according to the comparison with D21; # $p < 0.05$, ## $p < 0.01$.

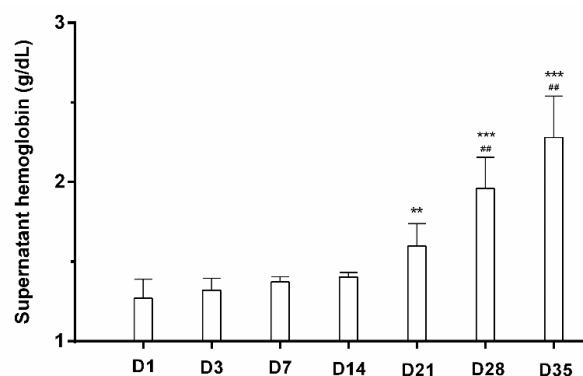


Fig. 3 Level of supernatant hemoglobin in canine PRBCs stored at 4°C during 35 days of storage. (*) represent the significance that was assigned according to the comparison with D1; ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. (#) represent the significance that was assigned according to the comparison with D21; ## $p < 0.01$.

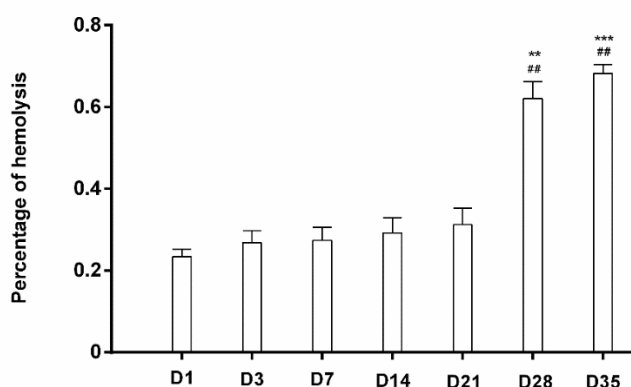


Fig. 4 Percentage of hemolysis in canine PRBCs stored at 4°C during 35 days of storage. (*) represent the significance that was assigned according to the comparison with D1; ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. (#) represent the significance that was assigned according to the comparison with D21; ## $p < 0.01$.

การเพิ่มขึ้นของระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน เป็นข้อมูลบ่งชี้ว่าเกิดภาวะเม็ดเลือดแดงแตกภายในถุงเลือดในระหว่างการเก็บรักษา (Obrador et al., 2015; Oyet et al., 2018) ผลของการศึกษาในครั้งนี้ พบความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอนและเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงในตัวอย่างเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขที่ผ่านการเก็บรักษาตั้งแต่ 28 วันขึ้นไป และพบว่าระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอนและเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวันที่ 21 กับวันที่ 28-35 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขภายหลังการเก็บรักษาไปแล้ว 28 วัน (Rodrigues et al., 2020) โดยภาวะเม็ดเลือดแดงแตกในระหว่างการเก็บรักษานั้น อาจเกิดได้จากทั้งปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญของเซลล์ โดยพบว่าระยะเวลาที่เก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลให้สัดส่วนของสารสำหรับเก็บรักษาส่วนประกอบของเลือดมีน้อยลง ทำให้ระดับ ATP ภายในถุงเลือดมีปริมาณลดลง ซึ่งจะทำให้เม็ดเลือดแดงขาดพลังงานในการควบคุมสมดุลของเซลล์ และเกิดภาวะเม็ดเลือดแดงแตกตามมา (D'Alessandro et al., 2015; Oyet et al., 2018) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้สารสำหรับเก็บรักษาส่วนประกอบของเลือดที่มีสัดส่วนหรือชนิดขององค์ประกอบที่สามารถเป็นแหล่งพลังงานให้กับเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ดีขึ้น มีผลทำให้สามารถเก็บรักษาเม็ดเลือดแดงได้นานขึ้น (Klein, 2017)

ฮีโมโกลบินอิสระที่อยู่นอกเซลล์เม็ดเลือดแดงสามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่ท่อไต (renal tubular injury) และเป็นผลให้เกิดภาวะไตวายเฉียบพลันในผู้ป่วยที่ได้รับผลิตภัณฑ์เลือดที่มีการแตกของเม็ดเลือดแดงจำนวนมากได้ (Obrador et al., 2015; Walker, 2016; Abrams-Ogg and Blois, 2022) ทั้งนี้องค์การ Food and Drug Administration (FDA) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ระบุแนวทางปฏิบัติสำหรับการถ่ายเลือดไว้ว่าผลิตภัณฑ์เลือดที่มีเม็ดเลือดแดงเป็นองค์ประกอบนั้น ไม่ควรมีเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงเกินกว่าร้อยละ 1 (Hess, 2012) ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 35 วัน มีเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงไม่เกินร้อยละ 1 อย่างไรก็ตาม พบว่าเม็ดเลือดแดงที่เก็บรักษาที่ 21 วันมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงเพียงร้อยละ 0.31±0.04 ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่ 28 และ 35 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงเป็นร้อยละ 0.62±0.04 และ 0.68±0.02 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในผลิตภัณฑ์เลือดชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขที่เก็บรักษาในน้ำยา CPDA-1 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นที่มีระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 28-35 วัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดเลือดแดงเข้มข้นที่มีระยะเวลาการเก็บรักษาไม่เกิน 21 วัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้ อาจใช้ประกอบการกำหนดแนวทางการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เลือด และการพิจารณาเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เลือดสำหรับสุนัขได้

สรุป

ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียม ค่า pH ระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน และเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดงในผลิตภัณฑ์เลือดชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระดับโพแทสเซียม ระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน และเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดง อีกทั้งยังมีความสอดคล้องกับการลดลงของค่า pH โดยพบว่าเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วันและ 35 วัน มีระดับโพแทสเซียม ระดับฮีโมโกลบินในของเหลวเหนือตะกอน และเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดเลือดแดง เพิ่มขึ้นและมีค่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับเม็ดเลือดแดงเข้มข้นของสุนัขที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาไม่เกิน 21 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการหาบ้านใหม่ให้สุนัขจรจัด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สุนัขสำหรับเจาะเก็บเลือดเพื่อทำการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในการตรวจระดับฮีโมโกลบินอิสระในของเหลวเหนือดะกอน

เอกสารอ้างอิง

- Abrams-Ogg, A.C.G., Blois, S. 2022. Principles of canine and feline blood collection, processing, and storage. In: Brook, B., Harr, K.E., Seeling, D.M., Wardrop, K.J., Weiss, D.J. (Eds.). Schalm's Veterinary Hematology. 7th ed. Wiley & Sons Inc. Hoboken. NJ, USA, pp. 898–907.
- Adams, F., Bellaris, G., Bird, A.R. 2015. Biochemical storage lesions occurring in nonirradiated and irradiated red blood cells: A brief review. *Biomed. Res. Int.* 2015: 1–8. doi.org/10.1155/2015/968302
- Bennett-Guerrero, E., Veldman, T.H., Doctor, A. 2007. Evolution of adverse changes in stored RBCs. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 104: 17063–17068. doi.org/10.1073/pnas.0708160104
- Chang, A.L., Kim, Y., Seitz, A.P., Schuster, R.M., Pritts, T.A. 2017. pH modulation ameliorates the red blood cell storage lesion in a murine model of transfusion. *J. Surg. Res.* 15: 54–59. doi.org/10.1016/j.jss.2013.12.003
- D'Alessandro, A., Kriebardis, A.G., Rinalducci, S., Antonelou, M.H., Papassideri, I.S., Zolla, L. 2015. An update on red blood cell storage lesions, as gleaned through biochemistry and omics technologies. *Transfusion* 55: 205–219. doi.org/10.1111/trf.12804
- Hess, J.R. 2012. Biomedical Excellence for Safer Transfusion (BEST) Collaborative Scientific problems in the regulation of red blood cell products. *Transfusion* 52: 1827–1835. doi: 10.1111/j.1537-2995.2011.03511.x.
- Kisielewicz, C. 2016. Red blood cell products. In: Yagi, K., Holowaychuk, M.K. (Eds.). *Manual of Veterinary Transfusion Medicine and Blood Banking*. Wiley & Sons Inc. Hoboken. NJ, USA, pp. 29–42.
- Klein, H.G. 2017. The red cell storage lesion(s): of dogs and men. *Blood Transfus.* 15: 107–111. doi.org/10.2450/2017.0306-16
- Obrador, R., Musulin, S., Hansen, B. 2015. Red blood cell storage lesion. *J. Vet. Emerg. Crit. Care* 25: 187–199. doi.org/10.1111/vec.12252
- Oyet, C., Okongo, B., Onyuthi, R.A. 2018. Biochemical changes in stored donor units: Implications on the efficacy of blood transfusion. *J. Blood. Med.* 25: 111–115. doi.org/10.2147/JBM.S163651
- Rodrigues, R.R., Kayano, C.Y., Dos Santos, V.P., Moroz, L.R., Fantoni, D.T., Ambrósio, A.M. 2020. Evaluation of hematologic, biochemical, and blood gas variables in stored canine packed red blood cells, and the impact of storage time on blood recipients. *Vet. Clin. Pathol.* 49: 198–206. doi.org/10.1111/vcp.12865
- Signkanya, T., Tirawattanawanich, C., Chungsamarnyart, N., Tongyai, S. 2010. Oxidative stress in canine stored red blood cells. In: *Proceedings of the 48th Kasetsart University Annual Conference*. Bangkok, Thailand, pp. 252–258.
- Walker, J.M. 2016. Component therapy. In: Yagi, K., Holowaychuk, M.K. (Eds.). *Manual of Veterinary Transfusion Medicine and Blood Banking*. Wiley & Sons Inc. Hoboken. NJ, USA, pp. 13–26.
- Wilson, C.R., Pashmakova, M.B., Heinz, J.A. 2017. Biochemical evaluation of storage lesion in canine packed erythrocytes. *J. Small Anim. Pract.* 58: 678–684. doi: 10.1111/jsap.12713

การตรวจหาเชื้อแบคทีเรียสกุล *Rickettsia* และ *Bartonella* ด้วยเทคนิคทางอณูชีววิทยาในเห็บสกุล *Rhipicephalus* จากสุนัขบ้าน และโคในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดเลย

Molecular detection of *Rickettsia* and *Bartonella* in *Rhipicephalus* ticks collected from domestic dogs and cattle in Khon Kaen and Loei Provinces

รณยุทธ สุขเสียม^a, อรุณี อหันทริก^b, Wachareeporn Trinachartvanit^b, Supanee Hirunkanokpun^{a,*}

Ronnayuth Sudsangiem^a, Arunee Ahantarig^b, Wachareeporn Trinachartvanit^b, Supanee Hirunkanokpun^{a,*}

^aภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

^bกลุ่มความหลากหลายทางชีวภาพ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400

^aDepartment of Biology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240, Thailand

^bBiodiversity Research Cluster, Department of Biology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: supanee.h@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Rickettsia* และ *Bartonella* ด้วยเทคนิคทางอณูชีววิทยาในเห็บสกุล *Rhipicephalus* ที่เก็บมาจากสุนัขบ้านจำนวน 157 ตัวและโคจำนวน 83 ตัวใน จ. ขอนแก่น และ จ. เลย ผลการศึกษาพบเห็บสกุล *Rhipicephalus* ทั้งหมด 500 ตัว ซึ่งประกอบไปด้วยเห็บชนิด *Rhipicephalus sanguineus* (51.6%, 258/500) *R. haemaphysaloides* (0.6%, 3/500) *R. microplus* (33.6%, 168/500) และ *Rhipicephalus* spp. (14.2%, 71/500) พบเชื้อ *Rickettsia* sp. จากเห็บสุนัขชนิด *R. sanguineus* เพศผู้จาก จ. เลย จำนวน 1 ตัว (0.2%, 1/500) ไม่พบเชื้อ *Bartonella* ในเห็บสุนัขและโคจากทั้งสองจังหวัด ผลการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์และการศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของนิวคลีโอไทด์บางส่วนของยีน 17-kDa *gltA ompA ompB* และ *sca4* พบว่าเชื้อ *Rickettsia* sp. ที่พบนี้มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับ *Rickettsia* sp. Tenjiku01 ที่เคยมีรายงานในคนไข้ในประเทศญี่ปุ่นที่กลับจากประเทศอินเดีย

คำสำคัญ: โค, แบคทีเรียที่นำโดยเห็บ, สุนัขบ้าน, เห็บ

Abstract

The objective of this study was to detect *Rickettsia* and *Bartonella* bacteria in ticks collected from 157 domestic dogs and 83 cows in Khon Kaen and Loei provinces, Thailand. A total of 500 *Rhipicephalus* ticks, including *Rhipicephalus sanguineus* (51.6%, 258/500), *R. haemaphysaloides* (0.6%, 3/500), *R. microplus* (33.6%, 168/500), and *Rhipicephalus* spp. (14.2%, 71/500), were identified. Sequence and phylogenetic analyses of partial rickettsial 17-kDa, *gltA*, *ompA*, *ompB*, and *sca4* genes revealed *Rickettsia* sp. detected in a male of *R. sanguineus* infesting a dog in Loei province. Moreover, this *Rickettsia* sp. belonged to the spotted fever group rickettsiae and was also closely related to *Rickettsia* sp. Tenjiku01 isolated from a patient returning to Japan from India.

Keywords: Cattle, Domestic dogs, Tick, tick-borne bacteria

คำนำ

เห็บสามารถนำเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้หลายชนิด เช่น *Rickettsia rickettsii* *Francisella tularensis* และ *Ehrlichia canis* เป็นต้น ซึ่งเชื้อเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดโรคทั้งในคนและสัตว์ได้แก่ โรค Rocky Mountain spotted fever โรคไข้กระดูกตาย (tularemia) และโรคพยาธิในเม็ดเลือดสุนัข (ehrlichiosis) ตามลำดับ เห็บในสกุล *Rhipicephalus* บางชนิดมีการแพร่กระจายในหลายทวีปทั่วโลก ซอบอาศัยอยู่ในสัตว์เลี้ยงตามบ้านเรือน และสัตว์เลี้ยงทางปศุสัตว์ รวมถึงมีวงจรชีวิตที่อยู่บนโฮสต์ได้หลายชนิด (two-host ticks และ three-host ticks) จึงทำให้เห็บสกุลนี้มีความสำคัญอย่างมากในการเป็นพาหะนำเชื้อก่อโรคเข้าสู่คนและสัตว์ โดยแบคทีเรียก่อโรคที่พบในเห็บสกุล *Rhipicephalus* ที่สำคัญ คือ เชื้อในกลุ่ม Spotted fever group (SFG) เช่น *R. rickettsii* ที่ก่อให้เกิดโรค Rocky Mountain spotted fever และ *R. conorii* subsp. *indica* ก่อให้เกิดโรค Indian tick typhus เป็นต้น (Parola et al., 2013) นอกจากนี้ยังพบเชื้อ *Bartonella henselae* ที่ก่อให้เกิดโรคแมวข่วนในเห็บสกุล *Rhipicephalus* ชนิด *R. sanguineus* (Wikswa et al., 2007) ซึ่งโดยปกติจะมีหมัดแมวเป็นพาหะหลักในการนำเชื้อชนิดนี้ และมีรายงานการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าเห็บเพศเมียชนิด *R. sanguineus* ที่ได้ดูดกินเลือดสัตว์ทดลองที่ติดเชื้อ *B. henselae* สามารถถ่ายทอดเชื้อนี้ไปสู่รุ่นลูกได้ (transovarial transmission) (Wechtaisong et al., 2021) รวมถึงการตรวจพบเชื้อ *Bartonella* ชนิดอื่น ๆ เช่น *B. koehlerae* และ *B. phoceensis* ในเห็บชนิด *R. sanguineus* ที่จับมาจากสุนัขในเขตกรุงเทพมหานคร (Saengsawang et al., 2021) *B. rochalimae* ที่เก็บมาจากเห็บสุนัข *R. sanguineus* ในจังหวัดขอนแก่น (Billeter et al., 2012) เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบรายงานผู้ป่วยที่เกิดจากเชื้อ *Rickettsia* spp. และ *Bartonella* spp. ในไทย เช่น ในปี พ.ศ. 2542–2544 มีการตรวจทางเซรัมวิทยาจากเลือดในผู้ป่วยจำนวนทั้งหมด 46 รายใน อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ผลตรวจพบว่าผู้ป่วยมีการติดเชื้อ *Rickettsia* sp. จำนวน 8 ราย ประกอบไปด้วย *R. felis* 1 ราย *R. conorii* subsp. *indica* 2 ราย และ *R. helvetica* 5 ราย (Parola et al., 2003) ต่อมาในปี พ.ศ. 2545–2546 ได้มีการสำรวจความชุกของเชื้อ *Bartonella* spp. ในผู้ป่วยจำนวน 521 คน จากโรงพยาบาลในจังหวัดเชียงรายและขอนแก่น พบเชื้อ *B. henselae* จำนวน 20 คน (3.8%) และพบเชื้อ *Bartonella* spp. ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *B. quintana* จำนวน 17 คน (3.3%) *B. elizabethae* จำนวน 51 คน (9.8%) และ *B. vinsonii* subsp. *vinsonii* 19 คน (3.6%) (Bhengsi et al., 2011) ถึงแม้ว่าในประเทศไทยมีรายงานผู้ป่วยที่ติดเชื้อแบคทีเรีย *Rickettsia* และ *Bartonella* หลายชนิด แต่การสำรวจเชื้อแบคทีเรียเหล่านี้ในเห็บสกุล *Rhipicephalus* ยังมีค่อนข้างน้อยอีกทั้งยังไม่ครอบคลุมในหลาย ๆ พื้นที่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจหาเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Rickettsia* และ *Bartonella* จากเห็บของสุนัขบ้านและโคจากจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเลย โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการป้องกันและควบคุมเห็บที่เป็นพาหะนำโรคที่อาจเกิดขึ้นได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างและการจำแนกชนิดของเห็บ

ในช่วงปี พ.ศ. 2558–2559 เห็บถูกเก็บจากสุนัขบ้านและโคจาก จ. ขอนแก่น และ จ. เลย (เก็บเห็บจำนวน 1–5 ตัวต่อโฮสต์ 1 ตัว) นำตัวอย่างเห็บไปใส่ในหลอดไมโครเซนติฟิก ขนาด 1.5 มิลลิลิตรที่บรรจุ ethanol 70% จากนั้นจึงติดฉลากที่มีข้อมูล วัน เวลา สถานที่เก็บตัวอย่าง และชนิดของโฮสต์ นำหลอดตัวอย่างทั้งหมดไปเก็บใน

ตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ -20 °C จากนั้นจึงนำตัวอย่างเห็บไปจัดจำแนกชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ Olympus รุ่น SZX7 (Olympus Corporation, Japan) โดยใช้กุญแจในการจำแนกเห็บที่อ้างอิงจาก Cooley (1946) ได้ใช้วิธี Molecular identification สำหรับเห็บบางตัวอย่างที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้โดยวิธีสัณฐานวิทยาได้ เนื่องจากอวัยวะบางส่วนขาดหายและไม่สมบูรณ์ (Black and Piesman, 1994)

การสกัดดีเอ็นเอ

นำตัวอย่างเห็บที่จำแนกชนิดเรียบร้อยแล้วมาทำความสะอาดบริเวณผิวลำตัวด้วย 10% sodium hypochlorite นาน 1 นาที จำนวน 3 ครั้ง จากนั้นล้างออกด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำเห็บมาใส่หลอดไมโครเซนติฟิวก์ขนาด 1.5 มิลลิลิตรอันใหม่ แล้วนำหลอดที่มีตัวอย่างเห็บนี้มาแช่ในไนโตรเจนเหลวและบดให้ละเอียดโดยใช้แท่งพลาสติกสำหรับบดเนื้อเยื่อ (tissue grinder) จากนั้นนำมาสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป G-spin™ DNA kit (iNtRON Biotechnology, Korea) โดยปฏิบัติตามคู่มือที่แนบมากับผลิตภัณฑ์ เมื่อสกัดได้ดีเอ็นเอที่บริสุทธิ์แล้วจึงนำดีเอ็นเอที่ได้มาเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ -20 °C แล้วจึงนำดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดนี้ไปตรวจหาเชื้อแบคทีเรียด้วยเทคนิค PCR ต่อไป

Table 1 Primers used for PCR detection of *Rickettsia*, *Bartonella*, and tick DNA

Target species	Target gene	Primer name	Primer sequence (5'-3')	Length (bp)	Reference
<i>Rickettsia</i> spp.	17-kDa antigen	Rr17.61p	CATTGTTTCGTCAGGTTGGCG	434	Webb et al., 1990
		Rr17.492n	GCTCTTGCAACTTCTATGTT		
	<i>gltA</i>	RpCS.887p	GGGGGCCTGCTCACGGCGG	380	Roux et al., 1997
		RpCS.1258n	ATTGCAAAAAGTACAGTGAACA		
	<i>ompA</i>	RR190.70p	ATGGCGAATATTTCTCCAAAA	532	Regnery et al., 1991
		RR190.602n	AGTGCAGCATTGCTCCCCCT		
<i>ompB</i>	RIC-F	CACCCAGCAAGGTAATAAGTTTA	~800	Hirunkanokpun et al., 2022	
	RIC-R	GCTATACCGCCTGTAGTAACAG			
<i>sca4</i>	RrD749F	TGGTAGCATTAAAAGCTGATGG	1,078	Jiang et al., 2005	
	RrD1826R	TCTAAATKCTGCTGMATCAAT			
<i>Bartonella</i> spp.	ITS	UR-barto1	CTTCGTTTCTCTTTCTTCA	720	Rolain et al., 2003
		UR-barto2	CTTCTCTTCAATTTCAAT		
Ticks	16S rRNA	16S+1	CTGCTCAATGATTTTTAAATTGCTGTGG	460	Black and Piesman, 1994
		16S-1	CCGGTCTGAACTCAGATCAAGT		

การตรวจหาเชื้อแบคทีเรียโดยใช้เทคนิค PCR

การตรวจหาเชื้อแบคทีเรียในตัวอย่างเห็บด้วยเทคนิค PCR ได้ใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อแบคทีเรียในสกุล *Rickettsia* และ *Bartonella* ได้แก่ Rr17.61p/Rr17.492n ที่จำเพาะต่อยีน 17-kDa antigen ของแบคทีเรียในสกุล

Rickettsia และ URbarto1/URbarto2 จำเพาะต่อยีน ITS ของแบคทีเรียสกุล *Bartonella* (Table 1) นอกจากนี้ การศึกษานี้ยังได้เพิ่มยีนของ *Rickettsia* spp. จำนวน 4 ยีนเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือในการจำแนกชนิดและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (Table 1) สารละลายต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับปฏิกิริยา PCR ได้แก่ 10X buffer ปริมาตร 2 ไมโครลิตร 25 mM MgCl₂ ปริมาตร 1.5 ไมโครลิตร 10 mM dNTPs ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร 10 µM forward primer และ 10 µM reverse primer อย่างละ 0.5 ไมโครลิตร Taq DNA polymerase ปริมาตร 0.2 ไมโครลิตร ดีเอ็นเอต้นแบบ ปริมาตร 2 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรเป็น 20 ไมโครลิตรด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้น นำส่วนผสมที่ได้ทั้งหมดไปเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเครื่อง PCR Mastercycler® nexus (Eppendorf, Germany) โดย ปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับไพรเมอร์แต่ละคู่ จากนั้นตรวจสอบขนาดและปริมาณดีเอ็นเอที่ได้จากการทำ PCR ด้วยวิธีเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส (agarose gel electrophoresis) โดยใช้อะกาโรสเจลที่มีความเข้มข้น 1% ผสมกับ ethidium bromide ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 โวลต์เป็นเวลา 30 นาที เมื่อพบแถบดีเอ็นเอตรงกับขนาดที่ต้องการ แล้วจึงนำแถบดีเอ็นเอที่ได้ไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยชุดน้ำยาสำเร็จรูป GF-1 Ambiclean kit (Vivantis technologies, Malaysia) จากนั้นนำไปหาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยวิธี Sanger sequencing ซึ่งจัดทำโดยบริษัท U2bio (Thailand)

การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์และการสร้างแผนภูมิต้นไม้วิวัฒนาการ

เมื่อได้ลำดับนิวคลีโอไทด์จากการวิเคราะห์แล้วจึงนำไป Blast ในฐานข้อมูลเว็บไซต์ <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> ของ NCBI (National Center for Biotechnology Information) เพื่อระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรีย และเปรียบเทียบความเหมือน (percent identity) ของแบคทีเรียที่มีในฐานข้อมูล นำลำดับนิวคลีโอไทด์ทั้งหมดมา จัดเรียง (DNA alignment) เพื่อสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (phylogenetic trees) ด้วยโปรแกรม MEGA 11 (Molecular Evolutionary Genetics Analysis) version 11.0.13 ด้วยวิธี maximum likelihood (Tamura et al., 2021) ที่มีการตั้งค่า bootstrap จำนวน 1,000 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการจำแนกชนิดของเห็บ

ผลการเก็บรวบรวมตัวอย่างเห็บใน จ. ขอนแก่น และ จ. เลย (Table 2) จากสุนัขบ้านจำนวน 157 ตัว พบเห็บทั้งหมด 322 ตัว ซึ่งประกอบไปด้วยเห็บตัวเต็มวัยชนิด *R. sanguineus* จำนวน 258 ตัว (80.1%) *R. haemaphysaloides* จำนวน 3 ตัว (0.9%) และเห็บตัวกลางวัย *Rhipicephalus* sp. จำนวน 61 ตัว (18.9%) และโคจำนวน 83 ตัว พบเห็บทั้งหมด 178 ตัว เป็นเห็บตัวเต็มวัยชนิด *R. microplus* จำนวน 168 ตัว (94.4%) และเห็บตัวกลางวัย *Rhipicephalus* sp. จำนวน 10 ตัว (5.6%) โดยเห็บทั้ง 3 ชนิดที่พบจากการศึกษานี้ สามารถพบได้ทั่วประเทศของประเทศไทย (Comet et al., 2009; Tanskul et al., 1983) จึงทำให้คนมีโอกาสสูงที่จะได้รับเชื้อก่อโรคจากเห็บในสกุล *Rhipicephalus* หากเห็บเหล่านี้สามารถนำเชื้อก่อโรค และถึงแม้ว่าจะพบเห็บชนิด *R. haemaphysaloides* ได้น้อยมากในสุนัข แต่ก็มีโอกาสที่จะพบเห็บชนิดนี้ในคนได้ดังเช่นที่พบจากรายงานของ Tanskul et al. (1983)

ผลการตรวจหาเชื้อแบคทีเรียด้วยเทคนิค PCR

งานวิจัยนี้ได้ตรวจหาเชื้อ *Rickettsia* และ *Bartonella* ในตัวอย่างเห็บจาก จ. ขอนแก่น และ จ. เลย ด้วยเทคนิค PCR และพบผลบวกของเชื้อ *Rickettsia* sp. ในเห็บสุนัขชนิด *R. sanguineus* เพศผู้ จำนวน 1 ตัว จากจำนวนเห็บสุนัขทั้งหมด 39 ตัว (2.6%) ใน จ.เลย ถึงแม้พบผลบวกของเชื้อ *Rickettsia* sp. ในเห็บเพียง 1 ตัว แต่การค้นพบนี้นับว่ามีความสำคัญ เนื่องจากเชื้อ *Rickettsia* sp. ที่ตรวจพบนี้จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับ *Rickettsia* spp. ที่ก่อโรคนิดอื่น ๆ ในกลุ่ม SFG ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไปว่าเชื้อนี้จะก่อโรคในคนหรือสัตว์หรือไม่ ส่วนผลการตรวจหาเชื้อ *Bartonella* ในเห็บสุนัขและเห็บโคได้ผลเป็นลบทั้งหมด ซึ่งการตรวจหาเชื้อ *Bartonella* นั้นสามารถทำได้โดยการเพาะแยกเชื้อหรือ PCR แต่การแยกเชื้อ *Bartonella* นั้นจำเป็นต้องใช้เวลาค่อนข้างนานและเพาะเลี้ยงได้ยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้เทคนิค PCR เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความไวและมีความจำเพาะสูงต่อการตรวจหาเชื้อนี้ (Gutiérrez et al. 2017) โดยปกติเชื้อ *Bartonella* จะพบมากในหมัดแมว (*Ctenophalides felis*) ซึ่งเป็นพาหะหลักในการนำเชื้อนี้ นอกจากหมัดแมวแล้ว ยังพบรายงานเชื้อนี้ในเหา รันฝอยทรายและเห็บหลายชนิด (Billeter et al. 2008) ดังนั้นการไม่พบเชื้อ *Bartonella* ในการศึกษานี้ อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น ความชุกของเชื้อนี้อาจจะต่ำในเห็บจากจังหวัดที่ทำการสำรวจ หรือจำนวนตัวอย่างที่นำมาศึกษาอย่างไม่มากพอ ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

Table 2 PCR results of *Rickettsia* and *Bartonella* in ticks collected from domestic dogs and cattle

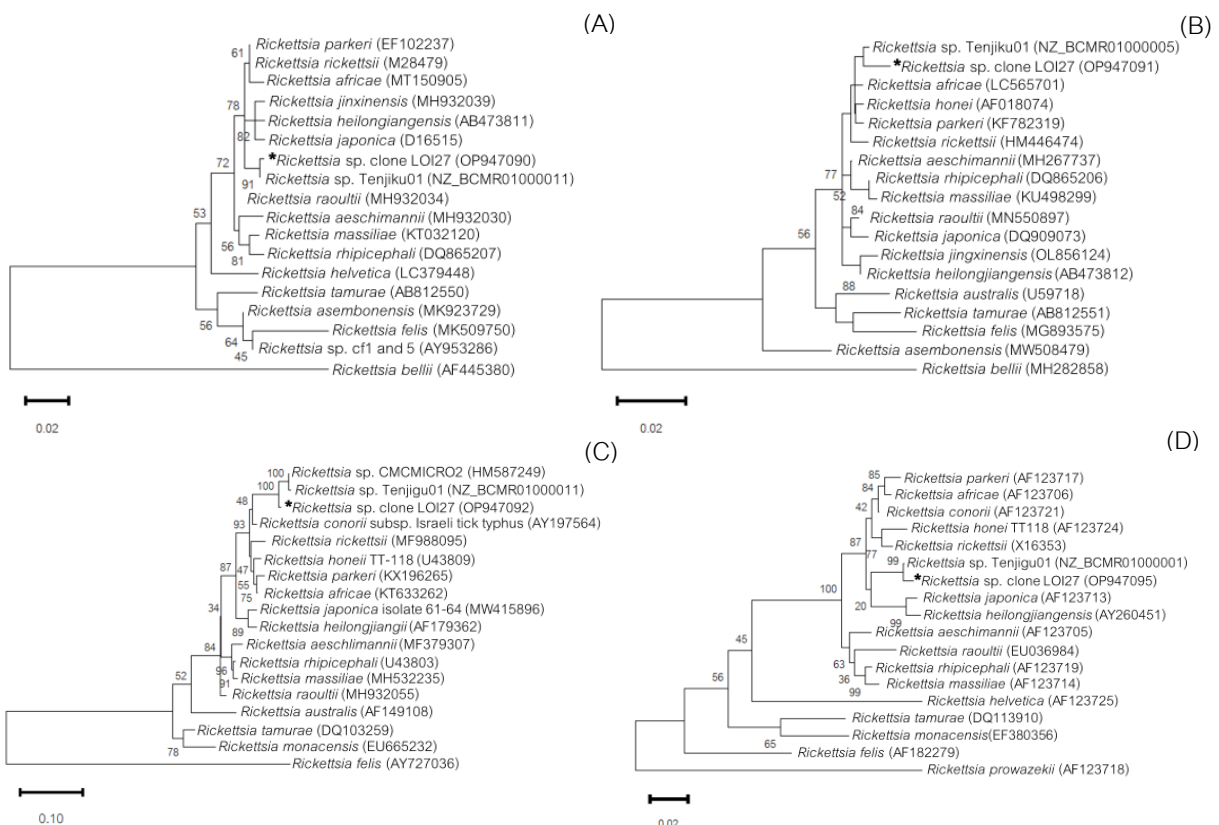
Province	Host (No.)	Ticks species (No.)	No. of samples tested (sex)	No. of positive ticks		
				<i>Rickettsia</i>	<i>Bartonella</i>	
Khon Kaen	Dog (136)	<i>Rhipicephalus sanguineus</i> (226)	102M/124F	0	0	
		<i>Rhipicephalus haemaphysaloides</i> (3)	2M/1F	0	0	
		<i>Rhipicephalus</i> sp. (54)	54N	0	0	
	Cow (81)	<i>Rhipicephalus microplus</i> (164)	22M/142F	0	0	
		<i>Rhipicephalus</i> sp. (10)	10N	0	0	
Loei	Dog (21)	<i>Rhipicephalus sanguineus</i> (32)	13M/19F	1M	0	
		<i>Rhipicephalus</i> sp. (7)	7N	0	0	
	Cow (2)	<i>Rhipicephalus microplus</i> (4)	4F	0	0	
	Total	240	500	139M 290F 71N	1M	0

*F= female M= male N= nymph

ผลการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์และความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของเชื้อ *Rickettsia*

เมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ PCR ทั้ง 5 ยีนของ *Rickettsia* sp. ที่ได้ตรวจพบแล้วได้นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของแต่ละยีนฝากเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล GenBank ซึ่งได้รับหมายเลขเฉพาะ (accession number) ได้แก่ OP947090 (17-kDa antigen) OP947091 (*gltA*) OP947092 (*ompA*) OP947095 (*ompB*) และ

OP947093 (*sca4*) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความเหมือนจากการ Blast นิวคลีโอไทด์ทั้ง 5 ยีนในฐานข้อมูล GenBank พบว่า *Rickettsia* sp. clone LOI27 มีเปอร์เซ็นต์ความเหมือนกับ *Rickettsia* sp. Tenjiku01 (NZ_BCMR01000000) มากที่สุดดังต่อไปนี้ ยีน 17-kDa antigen 99.77% ยีน *gltA* 99.21% ยีน *ompA* 97.87% ยีน *ompB* 99.38% และยีน *sca4* 99.63% และเมื่อนำทั้ง 5 ยีนมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการทำให้สามารถยืนยันได้ว่า *Rickettsia* sp. clone LOI27 มีความใกล้เคียงอย่างมากกับ *Rickettsia* sp. Tenjiku01 ซึ่งเป็นชนิดที่แยกจากผู้ป่วยหญิงอายุ 60 ปีจากประเทศญี่ปุ่นที่กลับจากการไปเที่ยวที่เมืองบังกาลอร์ ทางตอนใต้ของอินเดีย เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ (Takajo et al., 2016) นอกจากนี้พบว่า *Rickettsia* sp. clone LOI27 มียีนบางส่วนของคล้ายกับ *Rickettsia* sp. อีก 2 ชนิดที่พบในอินเดีย คือ มีความคล้าย 98.07% กับยีน *ompA* ของ *Rickettsia* sp. CCMCICRO_2 ซึ่งเป็นชนิดที่แยกได้จากชิ้นเนื้อของผู้ป่วยที่มีอาการไข้ จากโรงพยาบาลใน รัฐทมิฬนาฑู ประเทศอินเดีย (Prakash et al., 2012) และมีความคล้าย 98.62% กับยีน 17-kDa antigen ของ *R. conorii* subsp. *indica* ที่พบในเห็บชนิด *R. sanguineus* จากประเทศอินเดีย (Philip et al., 1958) และพบในผู้ป่วยจำนวน 2 รายในไทย (Parola et al., 2003) จึงเป็นไปได้ว่าเชื้อเหล่านี้ อาจมีการแพร่กระจายจากอินเดียมาสู่ประเทศไทยซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป นอกจากนี้ *Rickettsia* sp. clone LOI27 จัดอยู่คนละกลุ่มเดียวกับ *Rickettsia* sp. ที่เคยพบรายงานในเห็บสุนัขชนิด *R. sanguineus* ในจังหวัดพัทลุงและบริเวณพื้นที่ทางภาคตะวันออกของไทย (Kamonwan, 2016; Sanprick et al., 2019) และพบว่า *Rickettsia* sp. clone LOI27 อยู่กลุ่มเดียวกับ spotted fever group rickettsiae ที่เคยมีรายงานในประเทศไทย เช่น *R. honeii*, TT-118 (U43809) ที่พบจากตัวอ่อนของเห็บ *Rhipicephalus* sp. และ *Ixodes* sp. ในหนูท้องขาว (Robertson and Wisseman, 1973) และ *R. japonica* isolate LOI 61-64 (MW415896) ที่พบจากเห็บชนิด *H. hystricis* ในหมาหริ่ง (Hirunkanokpun et al., 2022)



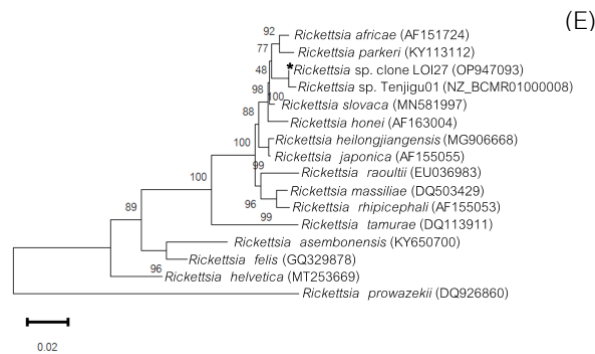


Fig. 1 Maximum likelihood trees of *Rickettsia* sp. base on partial sequences of 17-kDa antigen (A) *gltA* (B) *ompA* (C) *ompB* (D) and *sca4* (E) genes. *Rickettsia* sp. detected in this study are indicated in star symbol (*). *R. bellii* was included as an outgroup for 17-kDa antigen and *gltA*, while *R. felis* was an outgroup for *ompA* and *R. prowazekii* was an outgroup for *ompB* and *sca4*.

สรุป

จากการจำแนกชนิดเห็บสุนัขและโคที่เก็บมาจาก จ. ขอนแก่น และจ. เลย พบเห็บจำนวนทั้งหมด 500 ตัว ประกอบไปด้วยชนิด *R. sanguineus* 51.6% *R. haemaphysaloides* 0.6% *R. microplus* 33.6% และ *Rhipicephalus* sp. 14.2% เมื่อนำมาตรวจหาเชื้อแบคทีเรียสกุล *Rickettsia* และ *Bartonella* ด้วยเทคนิค PCR พบเชื้อ *Rickettsia* sp. ในเห็บสุนัขชนิด *R. sanguineus* เพศผู้จาก จ. เลย จำนวน 1 ตัว และไม่พบเชื้อ *Bartonella* sp. ในเห็บสุนัขและเห็บโคจากทั้งสองจังหวัด เมื่อนำผลลิตภัณฑ์ที่ได้จาก PCR ของเชื้อ *Rickettsia* sp. จำนวน 5 ยีน ได้แก่ 17-kDa antigen *gltA* *ompA* *ompB* และ *sca4* มาวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ และเปรียบเทียบในฐานข้อมูล GenBank และนำมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการพบว่า *Rickettsia* sp. clone LOI27 มีความใกล้เคียงมากที่สุดกับ *Rickettsia* sp. Tenjiku01 ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคที่แยกได้จากผู้ป่วยในประเทศญี่ปุ่น จึงต้องทำการศึกษาต่อไปว่ามีเห็บชนิด *R. sanguineus* และเห็บชนิดอื่น ๆ ใน จ. เลย และพื้นที่ใกล้เคียงที่อาจเป็นพาหะของเชื้อชนิดนี้ และเชื้อ *Rickettsia* sp. clone LOI27 นี้ สามารถก่อโรคในคนได้หรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย Thailand Research Fund-Chinese Academy of Science (DBG6180027)

เอกสารอ้างอิง

- Bhengsri, S., Baggett, H.C., Peruski, L.F., Morway, C., Bai, Y., Fisk, T. L., Kosoy, M. 2011. *Bartonella* seroprevalence in rural Thailand. Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health. 42: 687–692
- Billeter, S.A., Sangmaneeet, S., Kosakewich, R.C., Kosoy, M.Y. 2012. *Bartonella* species in dogs and their ectoparasites from Khon Kaen Province, Thailand. Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health. 43: 1186–1192.

- Billeter, S.A., Levy, M.G., Chomel, B.B., Breitschwerdt, E.B. 2008. Vector transmission of *Bartonella* species with emphasis on the potential for tick transmission. *Med. Vet. Entomol.* 22: 1–15.
- Black, W.C., Piesman, J. 1994. Phylogeny of hard-and soft-tick taxa (Acari: Ixodida) based on mitochondrial 16S rDNA sequences. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 91: 10034.
- Cooley, R.A. 1946. The genera *Boophilus*, *Rhipicephalus* and *Haemaphysalis* (Ixodoidea) of the new world (No.187). US Government Printing Office. Washington, US.
- Gutiérrez, R., Vayssier-Taussat, M., Buffet, J.P., Harrus, S. 2017. Guidelines for the isolation, molecular detection, and characterization of *Bartonella* species. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 17: 42–50
- Hirunkanokpun, S., Ahantarig, A., Baimai, V., Pramual, P., Trinachartvanit, W. 2022. A new record of *Rickettsia japonica* in ticks infesting a Burmese ferret-badger in Thailand. *Trop Biomed.* 39: 55–59.
- Jiang, J., Sangkasuwan, V., Lerdthusnee, K., Sukwit, S., Chuenchitra, T., Rozmajzl, P. J., Richards, A.L. 2005. Human infection with *Rickettsia honei*, Thailand. *Emerg. Infect. Dis.* 11: 1473.
- Kamonwan, S. 2016. Arthropod vectors for genus *Rickettsia* and *Borrelia* in eastern regions of Thailand by molecular techniques. Master's thesis, Mahidol University. Nakhon Pathom, Thailand.
- Parola, P., Miller, R.S., McDaniel, P., Telford III, S.R., Rolain, J.M., Wongsrichanalai, C., Raoult, D. 2003. Emerging rickettsioses of the Thai-Myanmar border. *Emerging Infect. Dis.* 9: 592.
- Parola, P., Paddock, C.D., Socolovschi, C., Labruna, M.B., Mediannikov, O., Kernif, T., Raoult, D. 2013. Update on tick-borne rickettsioses around the world: a geographic approach. *Clin. Microbiol. Rev.* 26: 657–702.
- Philip, C.B., Hughes, L.E., Rao, K.N.A., Kalra, S.L. 1958. Studies on "Indian tick typhus" and its relation to other human, typhus-like rickettsioses. In: *Arquivos do V Congresso International de Microbiologia*, Rio de Janeiro, pp. 17–24.
- Prakash, J.A.J., Sohan Lal, T., Rosemol, V., Verghese, V.P., Pulimood, S.A., Reller, M., Dumler, J.S. 2012. Molecular detection and analysis of spotted fever group *Rickettsia* in patients with fever and rash at a tertiary care centre in Tamil Nadu, India. *Pathog. Global Health.* 106: 40–45.
- Regnery, R.L., Spruill C.L., Plikaytis, B.D. 1991. Genotypic identification of rickettsiae and estimation of intraspecies sequence divergence for portions of two rickettsial genes. *J. Bacteriol.* 173: 1576–1589.
- Robertson, R.G., Wisseman JR, C.L. 1973. Tick-borne rickettsiae of the spotted fever group in West Pakistan: II. Serological classification of isolates from West Pakistan and Thailand: evidence for two new species. *Am. J. Epidemiol.* 97: 55–64.
- Rolain, J.M., Franc, M., Davoust, B., Raoult, D. 2003. Molecular detection of *Bartonella quintana*, *B. koehlerae*, *B. henselae*, *B. clarridgeiae*, *Rickettsia felis*, and *Wolbachia pipientis* in cat fleas, France. *Emerging Infect. Dis.* 9: 339.
- Roux, V., Rydkyna, E., Eremeeva, M., Raoult, D. 1997. Citrate synthase gene comparison, a new tool for phylogenetic analysis, and its application for the rickettsiae. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 47: 252–261.

- Saengsawang, P., Kaewmongkol, G., Phoosangwalthong, P., Chimnoi, W., npankaew, T. 2021. Detection of zoonotic *Bartonella* species in ticks and fleas parasitizing free-ranging cats and dogs residing in temples of Bangkok, Thailand. *Vet. Parasitol. Reg. Stud. Rep.* 25: 100612.
- Sanprick, A., Yooyen, T., Rodkvamtook, W. 2019. Survey of *Rickettsia* spp. and *Orientia tsutsugamushi* pathogens found in animal vectors (ticks, fleas, chiggers) in Bangkaew District, Phatthalung Province, Thailand. *Korean J. Parasitol.* 57: 167–173.
- Takajo, I., Sekizuka, T., Fujita, H., Kawano, A., Kawaguchi, T., Matsuda, M., Ando, S. 2016. Possible case of novel spotted fever group rickettsiosis in traveler returning to Japan from India. *Emerging Infect. Dis.* 22: 1079.
- Tamura, K., Stecher, G., Kumar, S. 2021. MEGA11: Molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Mol. Biol. Evol.* 38: 3022–3027.
- Tanskul, P., Stark, H.E., Inlao, I. 1983. A checklist of ticks of Thailand (Acari: Metastigmata: Ixodoidea). *J. Med. Entomol.* 20: 330–341.
- Webb, L.A.U.R.A., Carl, M., Malloy, D.C., Dasch, G.A., Azad, A. 1990. Detection of murine typhus Infection in fleas by using the polymerase chain reaction. *J. Clin. Microbiol.* 28: 530–534.
- Wechtaisong, W., Bonnet, S.I., Chomel, B.B., Lien, Y.Y., Chuang, S.T., Tsai, Y.L. 2021. Investigation of transovarial transmission of *Bartonella henselae* in *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato ticks using artificial feeding. *Microorganisms* 9: 2501. doi.org/10.3390/microorganisms9122501
- Wikswow, M.E., Hu, R., Metzger, M.E., Eremeeva, M.E. 2007. Detection of *Rickettsia rickettsii* and *Bartonella henselae* in *Rhipicephalus sanguineus* ticks from California. *J. Med. Entomol.* 44: 158–162.

Preparation of a recombinant NS3 protein to be used as an antigen in Bovine Viral Diarrhea Virus diagnostic tests

Sitang Arkanit^a, Preeda Lertwatcharasarakul^{b,d}, Krishna Kumar Thakur^c, Siriluk Jala^d, Pipat Arunvipas^a, Nantawan Yatbantoong^{a,*}

^aDepartment of Large Animal and Wildlife Clinical science, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

^bDepartment of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

^cDepartment of Health Management, Atlantic Veterinary College, University of Prince Edward Island, Prince Edward Island C1A4P3, Canada

^dKamphaeng Saen Veterinary Diagnostic Center, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fvetnwy@ku.ac.th

Abstract

Bovine Viral Diarrhea Virus (BVDV) infection causes economic losses to dairy farms due to reduced reproductive performance and the direct effect of the disease on animal health, which contributes to a decrease in milk production. Whole-virus based commercial assays to detect BVDV antibodies are expensive, whereas the use of recombinant proteins as target antigens provides more economical procedures and increased diagnostic specificity. Given the immunogenic significance of the non-structural 3 (NS3) protein of BVDV, this study prepared a potential antigen candidate based on the recombinant NS3 protein, to be used in an alternative diagnostic test for BVDV detection. The optimized NS3 gene was synthesized into an expression vector, histidine-tagged pET-28b (+) plasmid for protein expression in the *Escherichia coli* system. The recombinant NS3 protein was tested for its antigenicity with BVDV positive and negative serum by western blot analysis and found to be recognized by BVDV positive serum; in contrast, no reactivity was detected with BVDV negative serum. These results indicate the recombinant NS3 protein has a biological ability to bind to BVDV antibodies. The optimized recombinant NS3 protein was successfully prepared and can be used as an antigen in the development of BVDV diagnostic tests in the future.

Keywords: BVDV, NS3, Protein preparation, Recombinant protein

Introduction

Bovine Viral Diarrhea (BVD) is an infectious disease of cattle with significant impact worldwide. BVD is caused by infection with BVD virus (BVDV), which is an enveloped single linear positive-stranded RNA virus, of the *Pestivirus* genus within the *Flaviviridae* family (Tautz et al., 2015). BVDV infection can lead to economic loss to dairy farms due to impaired reproductive system and decreased milk production. The latest study, in 2020, demonstrated a seroprevalence of 28.44% at individual-level in two provinces located in the western region of Thailand (Amonongart et al., 2020).

Whole-virus antigen has been employed in a commercial Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) (IDEXX BVDV Total Ab Test, USA), which is currently used for BVDV antibody detection in Thailand given its manufacturer-reported high diagnostic sensitivity (96.3%) and specificity (99.5%) (Lanyon et al., 2013). However, the disadvantage of a whole-virus based assay is its high false-positive rate due to non-specific reactions with other co-purified cellular proteins obtained from the antigen preparation process (Rosati et al., 1994); moreover, false-negative results on this type of assay can occur due to inadequate protein of immunogenicity (Reddy et al. 1997). Therefore, more economical laboratory methods and increased diagnostic specificity of an ELISA can be achieved by the use of recombinant protein as a target antigen (Spencer et al, 2007).

Non-structural 3 (NS3) protein is characterized as one of the most immunogenic proteins of BVDV (Bolin, 1993). Humoral immunity against the NS3 protein is strongly induced in cattle, both in natural exposure and vaccination (Bolin and Ridpath 1989). Predominantly, the NS3 protein is highly conserved among Pestiviruses, with more than 94% identity within *Pestivirus* A (BVDV-1) and more than 89% between *Pestivirus* A (BVDV-1), B (BVDV-2) and H (BVDV-3) (Riitho et al. 2020).

This study aimed to establish a potential antigen candidate based on the recombinant NS3 protein, to be used in alternative diagnostic tests for BVDV detection in the future. Herein we describe the laboratory procedures for the preparation of the recombinant NS3 protein.

Materials and Methods

Codon optimization and NS3 gene synthesis

Sixty complete nucleotide sequences of BVDV were retrieved from the National Center for Biotechnology Information (NCBI) GenBank. NS3 region was identified according to previously-reported amino acid sequences (Li et al., 2013). All NS3 nucleotide sequences were multiple aligned using BioEdit program version 7.0.5 (Ibis Therapeutics, USA) with the Singer Arg (GenBank accession number MH133206) as a referent strain. NS3 region of interest was selected based on (i) the conservation among different BVDV strains; (ii) the Parker HPLC Scale Mean hydrophilicity profile, which was analyzed using BioEdit Program; and (iii) reported epitopes on the region. The selected region of NS3 was 381 amino acids in length. The region was

divided into two fragments, with amino acid 1–150 on the serine protease domain (N-terminus) as fragment 1, and amino acid 270–500 on the helicase domain (C-terminus) as fragment 2. This conserved region contained a total of 6 epitopes including (¹VCKKITEHERCHVNI¹⁵), (²⁰AFFGVMPRGTTTPRAPVR³⁶), (⁴⁶RRGLETGWAYTHQGGI⁶¹) on fragment 1 and (²⁸¹EGDMATGITYASYGYFC²⁹⁷), (⁴²⁶YSGEDPANLRWTSQSPYWWATNAIESGV⁴⁵⁵), (⁴⁸¹FMTGLKRMVAITVGEQA⁴⁹⁷) on fragment 2 (Li et al. 2013).

The optimized NS3 gene was synthesized into an expression vector, histidine-tagged pET-28b (+) plasmid (U2Bio, Korea) between two restriction sites, *EcoRI* (N-terminus) and *NotI* (C-terminus). Cutting sites of *BamHI* and *XhoI* were added between two fragments. The NS3-inserted plasmids were transformed into a competent *E. coli* strain BL21 (U2Bio, Korea) using heat shock technique. The competent bacteria were grown overnight in Luria Broth with 25 µg/ml kanamycin. The bacterial colonies were examined for the NS3 gene by Polymerase Chain Reaction (PCR) technique using T7 Promoter Primer (5'-TAATACGACTCACTATAGGG-3') and T7 Terminator Primer (5'-GCTAGTTATTGCTCAGCGG-3'). The *E. coli* strain BL21 that contained NS3-inserted pET-28b (+) plasmid was grown overnight and stored at -80 °C until its use.

Protein expression of recombinant NS3 gene

A single colony of *E. coli* containing the NS3-inserted plasmids and a single colony with non-inserted plasmids as control were grown overnight in Luria Broth with 25 µg/ml kanamycin in an incubator shaker at 37 °C. Both of them were subcultured to 1:50 until the Optical Density (OD) value measured at 600 nanometer reaches 0.6. Expression of NS3 recombinant protein was induced by Isopropyl β-D-thiogalactopyranoside (IPTG). The conditions for protein expression were optimized at varied concentrations of 0 mM, 0.01 mM, 0.1 mM, and 1 mM. The suitable time of expression was determined using 1mM IPTG induction for different duration of 0, 1, 2, 3 and 4 hours. The cell cultures were harvested and centrifuged, thus allowing the separation of pellet and supernatant. Both components were subjected to 12% SDS-PAGE (Sodium Dodecyl Sulfate–Polyacrylamide Gel Electrophoresis) analysis to ensure the expression of the particular protein. Polyacrylamide gel was stained with Coomassie Brilliant Blue for the interpretation. Western blot analysis with anti-histidine antibody was performed to confirm the presence of recombinant NS3 protein in pET-28b (+) expression vector. The protein in SDS-PAGE analysis was transferred to a nitrocellulose membrane, which was subsequently blocked using Phosphate-Buffered Saline (PBS) containing 5% skim milk, 10% horse serum and 0.02% NaN₃ at 37 °C for 30 minutes. After that, mouse anti-histidine antibody (Invitrogen, Thermo Fisher Scientific, USA) diluted to 1/5000 in primary antibody buffer (5% skim milk, 10% horse serum, 20% pET-28b (+) containing *E. coli* strain BL21 protein and 0.02% NaN₃ in PBS) was added to the membrane and incubated at 37 °C for 30 minutes. The membrane was washed three times using Phosphate-Buffered Saline with Tween 20 (PBS-T), followed by the incubation with horseradish peroxidase (HRP)-conjugated goat anti-mouse Immunoglobulin G (IgG) (KPL, USA) which was diluted to 1/1000 as secondary antibody in PBS containing 1% skim milk and 10% horse serum at 37 °C for 30 minutes. After three-time washing, the membrane was incubated with substrate

solution of 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidine (TMB) (KPL, USA) at room temperature for 15 minutes. Then, the membrane was soaked with PBS-T to stop the reaction.

Solubilization and Purification of recombinant NS3 protein

The recombinant NS3 proteins in pellet were solubilized by adding 1 mg/ml lysozyme and lysed by ultra-sonication. The cell lysate was centrifuged, followed by the partial purification process by dissolving the pellet in different concentrations of urea (1M, 2M, 4M, 6M, and 8M). The purified recombinant protein was detected using SDS-PAGE analysis and Coomassie Brilliant Blue staining. Further purification was performed to achieve even higher purity using affinity column chromatography containing Ni-NTA (AKTA start™, GE-Healthcare, UK), according to the manufacturer's protocol. Fractions eluted were analyzed using SDS-PAGE.

Antigenicity evaluation by western blot analysis

The recombinant NS3 protein was assessed using western blot analysis for its biological function with positive and negative cattle sera, that were classified by a commercial ELISA kit (IDEXX BVDV Total Ab Test, USA). The western blotting procedure was conducted in the same way as previously described, with 1/100 and 1/200 diluted positive and negative serum samples as primary antibody. HRP-conjugated goat anti-bovine IgG (KPL, USA) was diluted to 1/1000 in secondary antibody buffer and was used as secondary antibody.

The research was approved by the Animal Care and Use for Scientific Research Committee, Kasetsart University, Bangkok, Thailand (ACKU64-VET-003).

Results and Discussion

The recombinant NS3 protein was successfully prepared using an *E. coli* expression system. The protein was detected by western blotting with anti-histidine antibody in the estimated molecular weight of 42 kDa (Fig. 1). The western blot analysis indicates the presence of the recombinant NS3 protein that was specifically expressed from histidine-tagged pET-28b (+) expression vector as designed. The recombinant NS3 protein expression was induced by different IPTG concentrations for 4 hours. SDS-PAGE analysis showed similar size of protein bands at 0.01, 0.1, and 1 mM of IPTG (Fig. 2A). The duration of protein expression was optimized using 1 mM IPTG induction. The SDS-PAGE analysis demonstrated the greatest amount of expressed protein at 2, 3 and 4 hours indistinctly (Fig. 2B).

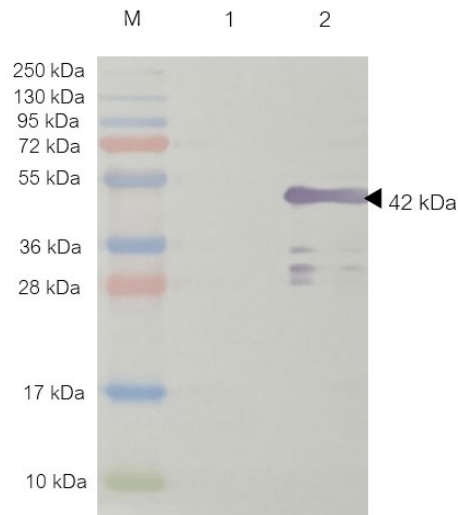


Fig. 1 Western blot analysis of recombinant NS3 protein with anti-histidine antibody. M: protein molecular weight marker (PageRuler™ Prestained Protein Ladder, Thermo Scientific). 1: crude of *E. coli* protein; 2: recombinant NS3 protein.

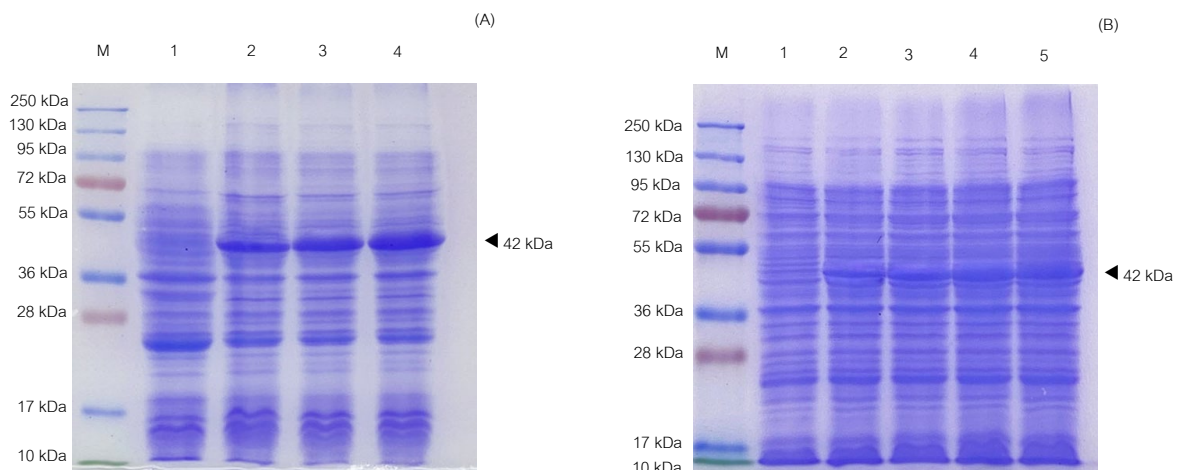


Fig. 2 12% SDS-PAGE analysis of recombinant NS3 protein expressed in different conditions. M: protein molecular weight marker (PageRuler™ Prestained Protein Ladder, Thermo Scientific). (A) different concentration of IPTG. 1: No IPTG added; 2: 0.01 mM IPTG; 3: 0.1 mM IPTG; 4: 1 mM IPTG. (B) different duration of induction. 1: 0 hours; 2: 1 hour; 3: 2 hours; 4: 3 hours; 5: 4 hours.

The *E. coli* cells containing NS3-inserted plasmids were lysed by lysozyme and ultra-sonication. The recombinant protein was proved to be insoluble as the protein persisted in the pellet after lysozyme exposure. The protein pellet was partially purified using 1M urea and 2 M urea (Fig. 3A) until it was completely dissolved in 4 M urea where a suspected band appeared in SDS-PAGE analysis of its supernatant (Fig. 3B). Purified protein obtained was evaluated for its antigenicity by western blotting with bovine sera (Fig. 4). The purified protein was recognized by antibodies present in two dilutions (1/100 and 1/200) of positive serum which

indicates its biological ability to bind to BVDV antibodies, whereas there was no reactivity with two dilutions of negative serum.

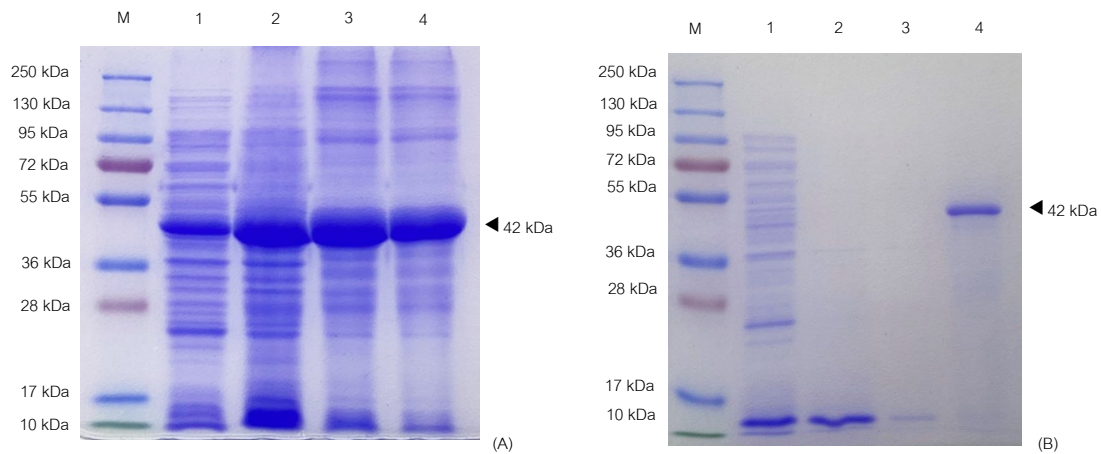


Fig. 3 12% SDS-PAGE analysis of recombinant NS3 protein solubilized and purified by lysozyme and urea exposure. M: protein molecular weight marker (PageRuler™ Prestained Protein Ladder, Thermo Scientific). (A) protein pellet. 1: before purification; 2: lysozyme; 3: 1 M urea; 4: 2 M urea. (B) supernatant. 1: lysozyme; 2: 1 M urea; 3: 2 M urea; 4: 4 M urea.

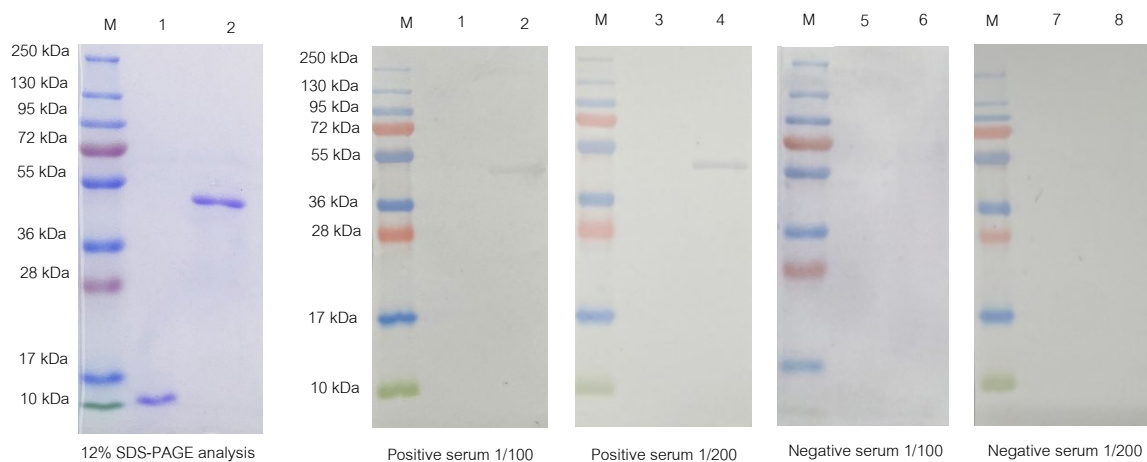


Fig. 4 Western blot analysis of recombinant NS3 protein. M: protein molecular weight marker (PageRuler™ Prestained Protein Ladder, Thermo Scientific). (A) 12% SDS-PAGE analysis of recombinant NS3 protein. 1: crude of *E. coli* protein; 2: recombinant NS3 protein. (B) Western blot analysis for evaluation of recombinant NS3 protein antigenicity with positive and negative bovine serum in different dilution. The membrane was incubated with serum diluted 1/100 and 1/200. 1,3,5,7: crude of *E. coli* protein; 2,4,6,8: purified recombinant NS3 protein.

NS3 protein was proved to be an adequate antigen candidate for BVDV detection and was prepared in different vector choices and expression systems. *E. coli* expression system was employed in the present study because of its considerable advantages over other expression systems in aspects of simplicity, cost-

saving, rapidity, and high yield (Francis and Page, 2010). An important factor influencing the level of expression in the *E. coli* system is the presence of rare codons, which was overcome effectively in this study by synthesis of codon-optimized gene.

However, major disadvantage of the *E. coli* expression system was noted in this study: the expressed recombinant NS3 protein formed insoluble inclusion bodies in bacterial cells, as reported in another study (Vanderheijden et al., 1993). Therefore, we combined two techniques of cell disruption, which were sonication and the use of chemical cell lysis agent (lysozyme). In another published study, researchers refolded their NS3 protein by dialysis after exposure to high concentration of urea in order to recover biological activity of the protein (Reddy et al., 1997). Alternately, we performed multiple washing steps, starting with low concentration of urea that was gradually increased if the protein still persisted in the pellet. This mild solubilization process does not completely disrupt the protein structure (Singh et al., 2015), which allowed extraction of functional protein as demonstrated by western blot analysis with BVDV-positive serum. Consequently, the renaturation steps were bypassed in our study. This allowed us to avoid common problems observed with dialysis, such as protein aggregation leading to lower yield of refolded protein. Besides, non-specific reactivity was not detected as shown by western blot analysis with BVDV-negative serum. Also, higher purity of our target protein was expected after affinity chromatographic purification.

In conclusion, the preparation of recombinant optimized NS3 protein was successful and it can be used as a potential antigen while developing the laboratory tests for BVDV diagnosis in further studies.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

This work (Grant No. RGNS63-033) was supported by Office of the Permanent Secretary, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Thailand Science Research and Innovation and Kasetsart University and a contribution from the Canada-ASEAN Scholarships and Educational Exchanges for Development (SEED) program under Global Affairs Canada.

References

- Amonongart, V., Jala, S., Yatbantoong, N., Panneum, S., Srisomrun, S., Mounghong, N., Lertwatcharasarakul, P. 2020. Seroprevalence and Risk Factors of Bovine Viral Diarrhea Virus Infection of Dairy Cattle from Kanchanaburi and Nakhon Pathom Provinces, Thailand. *J. Kasetsart Veterinarians*. 30: 11–22.
- Bolin, S.R., 1993. Immunogens of bovine viral diarrhea virus. *Vet. Microbiol.* 37: 263–271. doi: 10.1016/0378-

1135(93)90028-6

- Chimeno Zoth, S., Taboga, O., 2006. Multiple recombinant ELISA for the detection of bovine viral diarrhoea virus antibodies in cattle sera, *J. Virol. Methods*. 138: 99–108. doi: 10.1016/j.jviromet.2006.07.025
- Francis, D.M., Page, R., 2010. Strategies to optimize protein expression in *E. coli*, *Curr. Protoc. Protein. Sci.* 5: 5.24.1–5.24.29. doi:10.1002/0471140864.ps0524s61
- Howard, C.J., Clarke, M.C., Brownlie, J. 1985. An enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the detection of antibodies to bovine viral diarrhoea virus (BVDV) in cattle sera. *Vet. Microbiol.* 10: 359–369.
- Lanyon, S.R., Anderson, M.L., Bergman, E., Reichel, M. P. 2013. Validation and evaluation of a commercially available ELISA for the detection of antibodies specific to bovine viral diarrhoea virus (bovine pestivirus). *Aust. Vet. J.* 91: 52–56. doi: 10.1111/j.1751-0813.2012.01010.x
- Li, Y., Jia, Y., Wen, K., Liu, H., Gao, M., Ma, B., Zhang, W., Wang, J. 2013. Mapping B-cell linear epitopes of NS3 protein of bovine viral diarrhoea virus. *Vet. Immunol.* 151: 331–336. doi: 10.1016/j.vetimm.2012.11.011
- Riitho, V., Strong, R., Larska, M., Graham, S.P., Steinbach, F. 2020. Bovine Pestivirus Heterogeneity and Its Potential Impact on Vaccination and Diagnosis. *Viruses*. 12: 1134. doi: 10.3390/v12101134
- Reddy, J.R., Kwang, J., Okwumabua, O., Kapil, S., Loughin, T.M., Lechtenberg, K.F., Chengappa, M. M., Minocha, H. C. 1997. Application of recombinant bovine viral diarrhoea virus proteins in the diagnosis of bovine viral diarrhoea infection in cattle. *Vet Microbiol.* 57: 119–133.
- Riitho, V., Strong, R., Larska, M., Graham, S.P., Steinbach, F. 2020. Bovine Pestivirus Heterogeneity and Its Potential Impact on Vaccination and Diagnosis, *Viruses*. 12: 1134. doi: 10.3390/v12101134
- Rosati, S., Kwang, J., Tolari, F., Keen, J. 1994. A comparison of whole virus and recombinant transmembrane ELISA and immunodiffusion for detection of ovine lentivirus antibodies in Italian sheep flocks. *Vet. Res. Commun.* 18: 73–80. doi: 10.1007/BF01839262
- Singh, A., Upadhyay, V., Upadhyay, A. K., Singh, S. M., Panda, A. K. 2015. Protein recovery from inclusion bodies of *Escherichia coli* using mild solubilization process. *Microbial cell factories*. 14: 41. doi:10.1186/s12934-015-0222-8
- Spencer, K.A., Osorio, F.A., Hiscox, J.A. 2007. Recombinant viral proteins for use in diagnostic ELISAs to detect virus infection. *Vaccine*. 25: 5653–5659. doi.org/10.1016/j.vaccine.2007.02.053
- Tautz, N., Tews, B.A., Meyers, G. 2015. The Molecular Biology of Pestiviruses. *Adv. Virus Res.* 93: 47–160. doi: 10.1016/bs.aivir.2015.03.002
- Vanderheijden, N., De Moerlooze, L., Vandenbergh, D., Chappuis, G., Renard, A., Lecomte, C. 1993. Expression of the bovine viral diarrhoea virus Osloss p80 protein: its use as ELISA antigen for cattle serum antibody detection, *J. Gen. Virol.* 74: 1427–1431. doi: 10.1099/0022-1317-74-7-1427

ผลของการบ้วนปากด้วยเชื้อไวรัสพีอีดีต่อการเพิ่มการสร้างเปปไทด์เพนซินในเยื่อบุลำไส้ลูกสุกรดูดนม

Effects of oral administration of porcine epidemic diarrhea virus on production of porcine β -defensins in intestinal mucosa of suckling piglets

มัธยัญญ โฉมทอง^๑, เกพลี แสง-ชูโต^๒, เดชฤทธิ์ นิลอุบล^๒, สัมพันธ์ ธรรมเจริญ^๓, สุธาสินี ปุญญโชติ^{๑*}

Muttarin Lothong^๑, Kepalee Saeng-chuto^๒, Dachrit Nilubol^๒, Sumpun Thammacharoen^๒, Sutthasinee Poonyachoti^{๑*}

^๑ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^๒ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

^๓ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

^๑Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^๒Department of Veterinary Microbiology, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

^๓Department of Physiology, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: sutthasinee.p@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของเชื้อไวรัสพีอีดีต่อการสร้างเปปไทด์ต้านจุลชีพของเยื่อบุลำไส้ในลูกสุกรดูดนม โดยใช้เชื้อไวรัสพีอีดีที่มีความเข้มข้น 10^3 TCID₅₀/ มิลลิลิตร บ้วนทางปากให้แก่ลูกสุกรอายุ 4 วัน ศึกษาอาการทางคลินิกเป็นเวลา 3 วัน และเก็บตัวอย่างลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมเพื่อวิเคราะห์การแสดงออกของยีนกลุ่มเปปไทด์เพนซิน ลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับเชื้อไวรัสพีอีดีแสดงการตอบสนองโดยมีอาการท้องเสียครบทุกตัวภายใน 2 วัน ในเนื้อเยื่อลำไส้ของลูกสุกรที่ได้รับเชื้อมีการเพิ่มการแสดงออกของยีนเปปไทด์เพนซิน 1, 2, 3 และ 4 ที่ลำไส้เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรกลุ่มควบคุม ผลการศึกษาบ่งชี้ถึงการบ้วนปากด้วยเชื้อไวรัสพีอีดีสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างสารเปปไทด์ต้านจุลชีพที่สามารถทำลายและป้องกันการติดเชื้อก่อโรคที่เยื่อบุลำไส้ได้

คำสำคัญ: เปปไทด์เพนซิน, เปปไทด์ต้านจุลชีพ, เยื่อบุลำไส้, ลูกสุกรดูดนม, ไวรัสพีอีดี

Abstract

The effect of porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) on antimicrobial peptide production of intestinal mucosa in suckling piglets was evaluated in this study. The four-day-old piglets were inoculated with 10^3 TCID₅₀/ml of PEDV to observe clinical signs for 3 days and collected the jejunal mucosa to evaluate gene expression of porcine β -defensins (*pBD*). All piglets inoculated with PEDV had diarrhea at 2 days post-inoculation. Up-regulation of *pBD1*, *pBD2*, *pBD3*, and *pBD4* at the jejunal mucosa of PEDV-inoculated piglets was demonstrated compared to those of the mock group. The results indicated that oral administration with PEDV can induce the production of antimicrobial peptides that can neutralize and prevent pathogenic intestinal mucosal infections.

Keywords: β -defensins, Antimicrobial peptides, Intestinal mucosa, Porcine epidemic diarrhea, Suckling piglets

คำนำ

ไวรัสพีอีดี (porcine epidemic diarrhea virus; PEDV6 เป็นหนึ่งในสมาชิกของ *Coronaviridae* ที่สำคัญในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกร เนื่องจากสามารถก่อโรคให้กับสุกรได้ในทุกช่วงอายุ สุกรที่ติดเชื้อจะแสดงอาการท้องเสีย มีอัตราการป่วยและอัตราการตายที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดเชื้อไวรัสพีอีดีในลูกสุกรก่อนหย่านมทำให้ลูกสุกรแสดงอาการรุนแรงอย่างมาก (Stevenson et al., 2013; Antas and Woźniakowski, 2019; Guo et al., 2019) สายพันธุ์ของไวรัสพีอีดีมีความหลากหลายมาก โดยแบ่งตามความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน S ได้เป็น 2 สายพันธุ์ (Genotype 1 และ 2) แต่ละสายพันธุ์สามารถแบ่งเป็นสายพันธุ์ย่อยได้อีก 2 กลุ่ม ได้แก่ 1a 1b 2a และ 2b (Chen et al., 2014; Sun et al., 2015) การพัฒนาวัคซีนพีอีดีทั้งชนิดเชื้อเป็นและเชื้อตายเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าวัคซีนพีอีดีสามารถลดความรุนแรงในการเกิดโรคได้ แต่ผลของวัคซีนต่อการป้องกันการติดเชื้อไวรัสพีอีดีครอบคลุมทุกสายพันธุ์ยังคงเป็นที่ถกเถียง (Won et al., 2020) ทำให้ปัจจุบันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสพีอีดีในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก การติดเชื้อไวรัสพีอีดีก่อให้เกิดพยาธิสภาพของโครงสร้างในระบบทางเดินอาหาร โดยเซลล์เป้าหมายของการเพิ่มจำนวนของไวรัสพีอีดีจะถูกจำกัดที่บริเวณเซลล์เยื่อบุลำไส้ (Wang et al., 2019) นำไปสู่อาการทางคลินิก ได้แก่ ท้องเสียรุนแรง หรือ ถ่ายเหลวเป็นน้ำ แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการศึกษาผลของการติดเชื้อไวรัสพีอีดีในสุกรอย่างหลากหลาย แต่การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างโฮสต์และไวรัส (host-virus interaction) ของสุกรที่ติดเชื้อไวรัสพีอีดีนั้นยังมีรายละเอียดที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติมอยู่มาก ดังนั้นการศึกษาการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกันของสุกรที่ติดเชื้อต่อไวรัสพีอีดีนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญและน่าสนใจเพื่อนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการจัดการ ตลอดจนการคิดค้นแนวทางป้องกันโรคอย่างมีประสิทธิภาพได้

บีตาดีเฟนซิน (β -defensins) เป็นหนึ่งในเปปไทด์ต้านจุลชีพที่สามารถออกฤทธิ์ต้านจุลชีพในวงกว้างซึ่งถูกสร้างโดยเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกัน ได้แก่ เซลล์เม็ดเลือดขาว และเซลล์เยื่อต่างๆ เพื่อตอบสนองต่อการติดเชื้อต่างๆ (Auvynet and Rosenstein, 2009) การออกฤทธิ์ของเปปไทด์ต้านจุลชีพนั้นจำเพาะต่อการทำลายจุลชีพก่อโรคแต่ไม่ทำลายเซลล์ของโฮสต์ เนื่องจากการออกฤทธิ์นั้นจำเพาะต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลชีพซึ่งมีองค์ประกอบของไขมันที่แตกต่างกับเยื่อหุ้มเซลล์ยูคาริโอต (Bhattacharjya, 2010) ในปัจจุบันบีตาดีเฟนซินเป็นกลุ่มเปปไทด์ที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นสารต้านจุลชีพที่ร่างกายสามารถสร้างขึ้นได้เองเพื่อตอบสนองต่อการติดเชื้อ ดังนั้นบีตาดีเฟนซินจึงเป็นหนึ่งในทางเลือกของการลดการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อลดปัญหาการเกิดเชื้อดื้อยา การเสริมบีตาดีเฟนซินในอาหารปศุสัตว์สามารถเพิ่มผลผลิตและลดอัตราการป่วยของสัตว์ได้ ยกตัวอย่างเช่น การเสริมบีตาดีเฟนซิน 2 ในอาหารลูกสุกรหย่านมสามารถเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโตและลดอุบัติการณ์ท้องเสียหลังหย่านมของลูกสุกร (Peng et al., 2016) ในสุกรพบว่าบีตาดีเฟนซินที่ขับหลังโดยเซลล์เยื่อของอวัยวะมีฤทธิ์ต่อต้านการติดเชื้อก่อโรคต่างๆ เช่น *Escherichia coli* *Salmonella typhimurium* *Listeria monocytogenes* *Candida albicans* และ *Glaesserella (Haemophilus) parasuis*, ไวรัสไข้หวัดสุกร (swine influenza virus) และ ไวรัสพิษสุนัขบ้าเทียม (pseudorabies virus) (Shi et al., 1999; Huang et al., 2020a; Huang et al., 2020b; Huang et al., 2022) การสร้างบีตาดีเฟนซินโดยเซลล์เยื่ออวัยวะของสุกรนั้นเกิดจากการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นต่างๆ การกระตุ้นเซลล์เยื่อมดลูกสุกรด้วยแอนติเจนที่จำเพาะต่อตัวรับ toll-like receptor 3 (TLR3 agonist polyinosinic-polycytidylic acid) ทำให้เกิดการสร้างและขับหลังบีตาดีเฟนซิน 1-4 ที่บริเวณเซลล์เยื่อมดลูกสุกรได้ (Srisomboon et al., 2017) อย่างไรก็ตามปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสร้างของบีตาดีเฟนซินโดยเซลล์เยื่อของสุกรนั้นยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติม จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการติดเชื้อไวรัสพีอีดีในสุกรมีผลต่อการตอบสนองของภูมิคุ้มกันติดตัวแต่กำเนิดที่บริเวณเยื่อบุลำไส้สุกร ได้แก่ การปรับเปลี่ยนตัวรับของอิมมูโนโกลบูลินเอ หรือ การปรับเปลี่ยนการสร้างอินเตอร์เฟียรอน (Chen et al., 2020; Li et al., 2020) ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานผลของการติดเชื้อ

ไวรัสพีอีดีต่อการสร้างเปปไทด์ต้านจุลชีพที่บริเวณเยื่อบุลำไส้เล็กซึ่งเป็นเป้าหมายของการติดเชื้อ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของภูมิคุ้มกันแบบติดตัวแต่กำเนิดของเยื่อบุลำไส้เล็กในลูกสุกรตอนแรกที่ติดเชื้อไวรัสพีอีดี โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีนเปปไทด์ต้านจุลชีพชนิดบีตาดีเฟนซินที่เยื่อบุลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมในลูกสุกรตอนแรกที่ได้รับเชื้อไวรัสพีอีดีบ่อนปากเปรียบเทียบกับลูกสุกรตอนแรกกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับเชื้อ ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาจะนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจกลไกการก่อโรค และ การพัฒนาวัคซีน เพื่อการวางแผนป้องกันและควบคุมโรคอย่างมีประสิทธิภาพได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

การศึกษานี้ดำเนินการตามระเบียบการใช้สัตว์ที่ได้รับอนุมัติจากคณะสัตวแพทยศาสตร์ คณะกรรมการการดูแลและใช้สัตว์ประจำสถาบันมหาวิทยาลัยมหิดล (FVS-MU-IACUC; ใบอนุญาตการใช้สัตว์เลขที่ U1-01281-2558) โดยศึกษาในลูกสุกรลูกผสมสายพันธุ์การค้ำสามสาย (Large white x Landrace x Duroc) อายุ 4 วัน คละเพศ จำนวนทั้งสิ้น 10 ตัว มาจากฝูงที่สุกรสุขภาพแข็งแรง ไม่เคยมีประวัติการระบาดของไวรัสพีอีดีมาก่อนในฟาร์ม และต้องให้ผลทดสอบต่อการตรวจยืนยันหาสารพันธุกรรมของเชื้อไวรัสพีอีดีด้วยวิธี quantitative polymerase chain reaction (qPCR) โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อเชื้อไวรัสพีอีดีอ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้าโดย Kim et al. (2007) การทดลองนี้แบ่งลูกสุกรเป็นสองกลุ่ม จำนวนแต่ละกลุ่มเท่ากัน (จำนวน 5 ตัวต่อกลุ่ม; n = 5) กลุ่มแรกได้รับเชื้อไวรัสพีอีดีสายพันธุ์ P1915-NPF-071511A (accession number KX981900) ด้วยการบ่อนปากในระดับความเข้มข้น 10^3 TCID₅₀/ มิลลิลิตร ปริมาณ 5 มิลลิลิตร และลูกสุกรกลุ่มควบคุม (mock control) ได้รับน้ำเลี้ยงเชื้อที่ปราศจากไวรัส เป็นปริมาณ 5 มิลลิลิตร จากนั้นสังเกตและบันทึกอาการทางคลินิกต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน โดยพิจารณาจากการให้คะแนนอุจจาระ (fecal score) ดังต่อไปนี้: 0 = ปกติ, 1 = อุจจาระนิ่มเล็กน้อย, 2 = อุจจาระเหลวเป็นน้ำเล็กน้อย และ 4 = อุจจาระเหลวเป็นน้ำโดยไม่มีกากของแข็ง จากนั้นรายงานเป็นอัตราการท้องเสียของลูกสุกร (diarrhea rate) เป็นร้อยละของลูกสุกรที่ท้องเสียเทียบกับลูกสุกรทั้งหมด และ ความรุนแรงของอาการท้องเสีย (diarrhea index) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนอุจจาระของลูกสุกรในแต่ละกลุ่ม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ณ วันที่ 3 ของการทดลอง ลูกสุกรทุกตัวจะถูกการุณฆาตเพื่อทำการเก็บตัวอย่างเยื่อบุลำไส้ส่วนเจจูนัม ความยาวประมาณ 1 เซนติเมตรในสารละลาย RNAlater (Life Technologies, CA, USA) และเก็บรักษาไว้ภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่าจะกระทำการวิเคราะห์ตัวอย่างในขั้นตอนถัดไป

การวิเคราะห์การแสดงออกของยีนบีตาดีเฟนซินด้วยวิธี qPCR

เยื่อบุลำไส้ส่วนเจจูนัมของลูกสุกรจำนวน 5 มิลลิกรัม ถูกนำมาสกัด RNA ด้วยวิธี Phenol-chloroform โดยใช้สารละลาย TRIzol (Invitrogen, CA, USA) จากนั้นนำ RNA มาสังเคราะห์เป็น cDNA โดยใช้ชุดสกัด iScript cDNA synthesis kit (Biorad, CA, USA) แล้วนำมาทดสอบการแสดงออกของยีนด้วยวิธี qPCR โดยใช้ SyBrGreen master mix (PCRBIOSYSTEM, PA, USA) ด้วยเครื่องเพิ่มจำนวนสารพันธุกรรมสภาพจริง QuantStudio 3D Digital PCR System (Applied Biosystems, MA, USA) แต่ละตัวอย่างถูกวิเคราะห์เป็นจำนวน 3 ซ้ำ (triplicate) ของแต่ละยีน ไพรเมอร์ที่ใช้เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีนบีตาดีเฟนซินในการศึกษานี้อ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้าโดย Srisomboon et al. (2017) เปรียบเทียบการแสดงออกของยีนบีตาดีเฟนซินระหว่างกลุ่มที่ได้รับการบ่อนเชื้อกับกลุ่มควบคุม ใช้ ด้วยวิธี $2^{-\Delta\Delta C_t}$ โดยให้ *Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH)* เป็นยีนควบคุมภายใน (internal control) จากนั้น

รายงานผลการเปลี่ยนแปลงของยีนเป้าหมายของสุกรกลุ่มทดลองเป็นจำนวนเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับยีนของสุกรกลุ่มควบคุม (fold change expression)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลการแสดงออกของยีนบีตาดีเฟนซินจะถูกรายงานในรูปแบบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของกลุ่มสุกรที่ได้รับเชื้อพีอีดีและควบคุมด้วยวิธี two-tailed Student's t-test ด้วยโปรแกรม GraphPad Prism 9.0 (San Diego, CA, USA) พิจารณาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษานี้ต้องการศึกษาผลของไวรัสพีอีดีต่อการปรับเปลี่ยนระบบภูมิคุ้มกันติดตัวแต่กำเนิดที่บริเวณทางเดินอาหารโดยใช้เยื่อบุลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม เนื่องจากลำไส้ส่วนนี้เป็นอวัยวะเป้าหมายของการติดเชื้อไวรัสพีอีดี และเป็นบริเวณที่มีความสำคัญต่อการย่อยและดูดซึมสารอาหาร จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าลูกสุกรที่ได้รับเชื้อไวรัสพีอีดีแสดงอาการท้องเสียภายใน 1 วันหลังจากได้รับเชื้อ และลูกสุกรทุกตัวมีอาการท้องเสียภายใน 2 วันหลังจากได้รับเชื้อ และเมื่อพิจารณาความรุนแรงของอาการท้องเสียพบว่าลูกสุกรกลุ่มที่ได้รับเชื้อไวรัสพีอีดีมีความรุนแรงของอาการท้องเสียเพิ่มขึ้น และแสดงอาการรุนแรงที่สุดในวันที่ 3 หลังจากได้รับเชื้อ ซึ่งได้แสดงผลการทดลองดัง Fig. 1 ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้าซึ่งพบว่าสามารถตรวจพบไวรัสที่ลำไส้ของสุกร และสุกรมีการแพร่ของเชื้อไวรัสพีอีดีในอุจจาระเป็นปริมาณสูงภายหลังได้รับเชื้อ 3 วัน (Jiao et al., 2021; Saeng-chuto et al., 2021) ซึ่งอาการทางคลินิกของลูกสุกรที่ได้รับเชื้อบั้งซี และยืนยันการติดเชื้อ (infectivity) จากการบ้วนปากด้วย PEDV และมีผลต่อการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบติดตัวแต่กำเนิดที่เยื่อเมือกของทางเดินอาหารบริเวณลำไส้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสังเคราะห์บีตาดีเฟนซินที่เป็นสมมติฐานในการศึกษาครั้งนี้

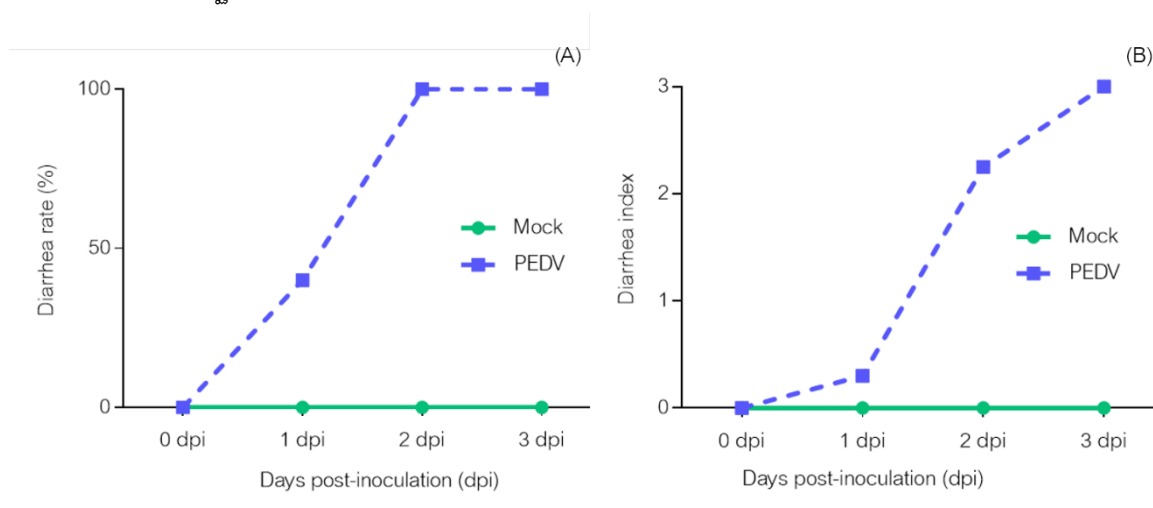


Fig. 1 Clinical sign and severity of mock- and PEDV-inoculated piglets for 0-3 days post-inoculation (dpi): (A) diarrhea rate; (B) diarrhea index

บีตาดีเฟนซินที่พบได้ในสุกรมีรายงานอย่างน้อย 12 ชนิด (Sang et al., 2006) ชนิดของบีตาดีเฟนซินที่สามารถสร้างได้จากเยื่อบุอวัยวะทางเดินอาหารได้แก่ บีตาดีเฟนซิน 1, 2 และ 3 (Qi et al., 2009) อย่างไรก็ตามมีรายงานการสร้างและขับหลังของบีตาดีเฟนซิน 1, 2, 3 และ 4 โดยเซลล์เยื่อบุมดลูกของสุกร (Srisomboon et al., 2017) จาก

การศึกษานี้พบว่ามีแสดงออกของยีนบีตาดีเฟนซิน 1, 2, 3 และ 4 ที่เยื่อบุลำไส้ส่วนเจจูนัมของสุกรเช่นกัน การแสดงออกของยีนบีตาดีเฟนซินสามารถถูกปรับเปลี่ยนได้โดยเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารและสารพิษจากเชื้อรา เช่น *Salmonella enteritidis* เพิ่มการแสดงออกของบีตาดีเฟนซิน 1 ในขณะที่ *Salmonella typhimurium* เพิ่มการแสดงออกของบีตาดีเฟนซิน 2 โดยเซลล์เพาะเลี้ยงเยื่อบุลำไส้สุกร IPI-2I (Veldhuizen et al., 2006) และ สารพิษจากเชื้อรา *Fusarium* เพิ่มการแสดงออกและการขับหลังของบีตาดีเฟนซิน 1 และ 2 ด้วยเซลล์เพาะเลี้ยงเยื่อบุลำไส้สุกร IPEC-J2 ได้ (Wan et al., 2013) อย่างไรก็ตามการศึกษานี้สัมพันธ์ระหว่างเชื้อก่อโรคต่อการสร้างและขับหลังบีตาดีเฟนซินชนิดอื่นๆ โดยสุกรในปัจจุบันยังมีข้อมูลไม่เพียงพอ การศึกษาที่ผ่านมามุ่งเน้นการออกฤทธิ์ของบีตาดีเฟนซินต่อการกำจัดเชื้อก่อโรคในสุกรเป็นส่วนมาก (Shi et al., 1999; Huang et al., 2020a; Huang et al., 2020b; Huang et al., 2022) นอกจากนี้ การศึกษาผลของเชื้อก่อโรคที่ปรับเปลี่ยนบีตาดีเฟนซินของระบบทางเดินอาหารสุกรมักเป็นการทดลองในเซลล์เพาะเลี้ยง ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นส่วนน้อยที่ศึกษาผลจากการติดเชื้อไวรัสพีอีดีที่ทางเดินอาหารต่อการปรับเปลี่ยนบีตาดีเฟนซินในตัวสุกร จากการศึกษาครั้งนี้ กลุ่มลูกสุกรที่ได้รับเชื้อไวรัสพีอีดีเพิ่มการแสดงออกของยีนบีตาดีเฟนซิน 1, 2, 3 และ 4 เป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับลูกสุกรกลุ่มควบคุมดังแสดงใน Fig. 2 การแสดงออกของยีนบีตาดีเฟนซินสามารถถูกควบคุมโดยไซโตคายน์ผ่านการเหนี่ยวนำของ toll-like receptors ที่เป็นตัวรับในระบบภูมิคุ้มกันติดตัวแต่กำเนิด (Liu et al., 2003; Zilbauer et al., 2005) ซึ่งเชื้อไวรัสพีอีดีนั้นสามารถเหนี่ยวนำการขับหลังของไซโตคายน์โดยเซลล์ลำไส้ที่ติดเชื้อได้ (Annamalai et al., 2015; Wang et al., 2020; Yuan et al., 2022) จึงเป็นไปได้ว่าการเพิ่มการแสดงออกของยีนบีตาดีเฟนซินในลูกสุกรที่ได้รับเชื้อไวรัสพีอีดีถูกควบคุมผ่านกลไกดังกล่าว ข้อมูลจากการศึกษานี้สามารถเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนควบคุมโรค เนื่องจากทำให้ทราบถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างสุกรและเชื้อไวรัสพีอีดีแล้ว ยังสามารถเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวัคซีน เช่น การผลิตวัคซีนป้องกันปากโดยใช้ไวรัสพีอีดีในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบติดตัวแต่กำเนิดและสามารถกระตุ้นการสร้างของสารต้านจุลชีพโดยเยื่อบุทางเดินอาหารได้

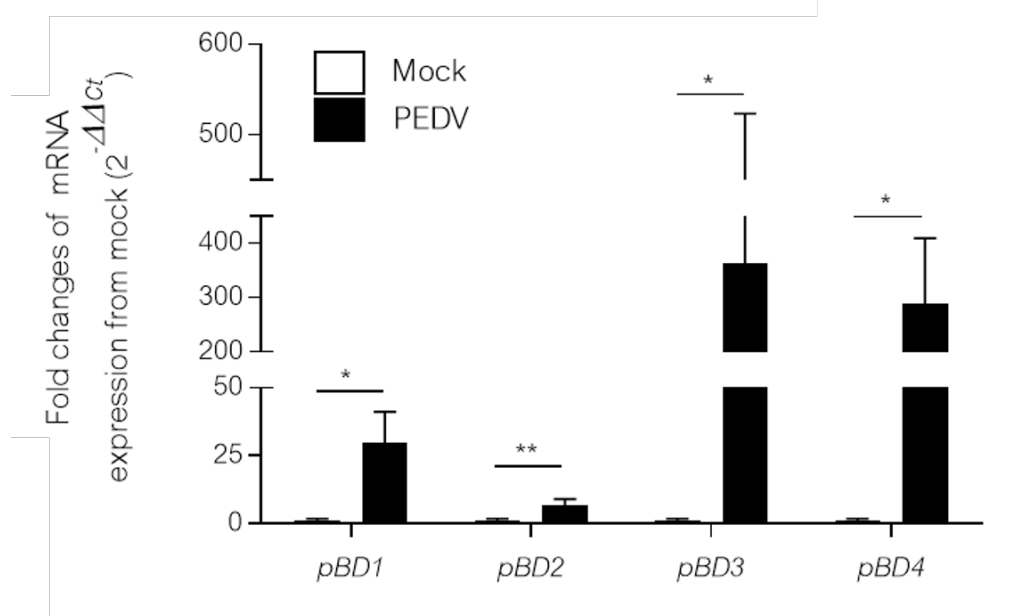


Fig. 2 Changes in gene expression of porcine β -defensins (pBD) by jejunal mucosa of PEDV-inoculated piglets at 3 days post-inoculation. The pBDs 1–4 expression were normalized with *Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH)* expression and demonstrated as fold change. The statistical difference was compared between groups by using two-tailed Student's t-test, ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

สรุป

เชื้อไวรัสพีอีดีมีผลต่อการตอบสนองของภูมิคุ้มกันติดตัวแต่กำเนิดโดยเพิ่มการสร้างเปปไทด์ต้านจุลชีพกลุ่มบีตาดีเฟนซินที่เยื่อลำไส้เล็กส่วนเจริญมของลูกสุกรตัวแรกที่ได้ติดเชื้อ ดังนั้นการป้องกันปากด้วย PEDV ที่ขาดความเข้มข้นต่ำอาจส่งผลดีต่อการปกป้องเยื่อเมือกลำไส้จากจุลชีพก่อโรคในลูกสุกรได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย Basic 64 (CU_FRB640001_01_31_4) สัตว์ทดลอง และ เครื่องมือห้องปฏิบัติการ ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาสัตววิทยา และ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- Annamalai, T., Saif, L.J., Lu, Z., Jung, K. 2015. Age-dependent variation in innate immune responses to porcine epidemic diarrhea virus infection in suckling versus weaned pigs. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 168: 193–202.
- Antas, M., Woźniakowski, G. 2019. Current status of porcine epidemic diarrhoea (PED) in European. *Pigs. J. Vet. Res.* 63: 465–470.
- Auvynet, C., Rosenstein, Y. 2009. Multifunctional host defense peptides: antimicrobial peptides, the small yet big players in innate and adaptive immunity. *Febs. J.* 276: 6497–6508.
- Bhattacharjya, S. 2010. De novo designed lipopolysaccharide binding peptides: Structure based development of antiendotoxic and antimicrobial drugs. *Curr. Med. Chem.* 17: 3080–3093.
- Chen, Q., Li, G., Stasko, J., et al. 2014. Isolation and characterization of porcine epidemic diarrhea viruses associated with the 2013 disease outbreak among swine in the United States. *J. Clin. Microbiol.* 52: 234–243. doi.org/10.1128/JCM.02820-13
- Chen Y.M., Helm E.T., Gabler N., Hostetter J.M., Burrough E.R. 2020. Alterations in intestinal innate mucosal immunity of weaned pigs during porcine epidemic diarrhea virus infection. *Vet. Pathol.* 57: 642–652.
- Guo, J., Fang, L., Ye, X., et al. 2019. Evolutionary and genotypic analyses of global porcine epidemic diarrhea virus strains. *Transbound. Emerg. Dis.* 66: 111–118.
- Huang, J., Liu, X., Sun, Y., et al. 2022. Porcine β -defensin 2 confers enhanced resistance to swine flu infection in transgenic pigs and alleviates swine influenza virus-induced apoptosis possibly through interacting with host SLC25A4. *Antiviral. Res.* 201: 105292.
- Huang, J., Qi, Y., Wang, A., Huang, C., Liu, X., Yang, X., Li, L., Zhou, R. 2020a. Porcine β -defensin 2 inhibits proliferation of pseudorabies virus in vitro and in transgenic mice. *Virology.* 17: 18.
- Huang, J., Yang, X., Wang, A., et al. 2020b. Pigs overexpressing porcine β -defensin 2 display increased resilience to *Glaesserella parasuis* Infection. *Antibiotics (Basel).* 9: 903

- Jiao, Z., Liang, J., Yang, Y., et al. 2021. Coinfection of porcine deltacoronavirus and porcine epidemic diarrhea virus altered viral tropism in gastrointestinal tract in a piglet model. *Virology*. 558: 119–125.
- Kim, S.H., Kim, I.J., Pyo, H.M., Tark, D.S., Song, J.Y., Hyun, B.H. 2007. Multiplex real-time RT-PCR for the simultaneous detection and quantification of transmissible gastroenteritis virus and porcine epidemic diarrhea virus. *J. Virol. Methods*. 146: 172–177.
- Li, S., Yang, J., Zhu, Z., Zheng, H. 2020. Porcine epidemic diarrhea virus and the host innate immune response. *Pathogens*. 9: 367. doi.org/10.3390/pathogens9050367
- Liu, L., Roberts, A.A., Ganz, T. 2003. By IL-1 signaling, monocyte-derived cells dramatically enhance the epidermal antimicrobial response to lipopolysaccharide. *J. Immunol*. 170: 575–580.
- Madson, D.M., Arruda, P.H., Magstadt, D.R., et al. 2016. Characterization of porcine epidemic diarrhea virus isolate US/Iowa/18984/2013 infection in 1-day-old cesarean-derived colostrum-deprived piglets. *Vet. Pathol*. 53: 44–52.
- Madson, D.M., Magstadt, D.R., Arruda, P.H., et al. 2014. Pathogenesis of porcine epidemic diarrhea virus isolate (US/Iowa/18984/2013) in 3-week-old weaned pigs. *Vet. Microbiol*. 174: 60–68.
- Peng, Z., Wang, A., Xie, L., Song, W., Wang, J., Yin, Z., Zhou, D., Li F. 2016. Use of recombinant porcine β -defensin 2 as a medicated feed additive for weaned piglets. *Sci. Rep*. 6: 26790.
- Qi, S., Chen, J., Guo, R., Yu, B., Chen, D. 2009. β -defensins gene expression in tissues of the crossbred and Tibetan pigs. *Livest. Sci*. 123: 161–168.
- Saeng-chuto, K., Madapong, A., Kaeoket, K., Piñeyro, P.E., Tantituvanont, A., Nilubol, D. 2021. Coinfection of porcine deltacoronavirus and porcine epidemic diarrhea virus increases disease severity, cell tropism and earlier upregulation of IFN- α and IL12. *Sci. Rep*. 11: 3040.
- Sang, Y., Patil, A.A., Zhang, G., Ross, C.R., Blecha, F. 2006. Bioinformatic and expression analysis of novel porcine beta-defensins. *Mamm. Genome*. 17: 332–339.
- Shi, J., Zhang, G., Wu, H., Ross, C., Blecha, F., Ganz, T. 1999. Porcine Epithelial β -Defensin 1 Is Expressed in the Dorsal Tongue at Antimicrobial Concentrations. *Infect. Immun*. 67: 3121–3127.
- Srisomboon, Y., Poonyachoti, S., Deachapunya, C. 2017. Soy isoflavones enhance β -defensin synthesis and secretion in endometrial epithelial cells with exposure to TLR3 agonist polyinosinic-polycytidylic acid. *Am. J. Reprod. Immunol*. 78: e12694.
- Stevenson, G.W., Hoang, H., Schwartz, K.J., et al. 2013. Emergence of porcine epidemic diarrhea virus in the United States: Clinical signs, lesions, and viral genomic sequences. *J. Vet. Diagn. Investig*. 25: 649–654.
- Sun, M., Ma, J., Wang, Y., Wang, M., Song, W., Zhang, W., Lu, C., Yao, H. 2015. Genomic and epidemiological characteristics provide new insights into the phylogeographical and spatiotemporal spread of porcine epidemic diarrhea virus in Asia. *J. Clin. Microbiol*. 53: 1484–1492.

- Veldhuizen, E.J., Hendriks, H.G., Hogenkamp, A., van Dijk, A., Gaastra, W., Tooten, P.C., Haagsman, H.P. 2006. Differential regulation of porcine beta-defensins 1 and 2 upon Salmonella infection in the intestinal epithelial cell line IPI-2I. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 114: 94–102.
- Wan, M.L., Woo, C.S., Allen, K.J., Turner, P.C., El-Nezami, H. 2013. Modulation of porcine β -defensins 1 and 2 upon individual and combined Fusarium toxin exposure in a swine jejunal epithelial cell line. *Appl. Environ. Microbiol.* 79: 2225–2232.
- Wang, S., Wu, J., Wang, F., Wang, H., Wu, Z., Wu, S., Bao, W. 2020. Expression pattern analysis of antiviral genes and inflammatory cytokines in PEDV-Infected porcine intestinal epithelial cells. *Front. Vet. Sci.* 7: 75. doi.org/10.3389/fvets.2020.00075
- Wang, X.Y., Zhao, T.Q., Xu, D.P., Zhang, X., Ji, C.J., Zhang, D.L. 2019. The influence of porcine epidemic diarrhea virus on pig small intestine mucosal epithelial cell function. *Arch. Virol.* 164: 83–90.
- Won, H., Lim, J., Noh, Y.H., Yoon, I., Yoo, H.S. 2020. Efficacy of porcine epidemic diarrhea vaccines: A systematic review and meta-analysis. *Vaccines (Basel).* 8: 642. doi.org/10.3390/vaccines8040642
- Yuan, C., Sun, L., Chen, L., et al. 2022. Differences in cytokines expression between Vero cells and IPEC-J2 cells infected with porcine epidemic diarrhea virus. *Front. Microbiol.* 13. doi.org/10.3389/fmicb.2022.1002349
- Zilbauer, M., Dorrell, N., Boughan, P.K., Harris, A., Wren, B.W., Klein, N.J., Bajaj-Elliott, M. 2005. Intestinal innate immunity to *Campylobacter jejuni* results in induction of bactericidal human beta-defensins 2 and 3. *Infect. Immun.* 73: 7281–7289.

สาขาประมง

(Subject: Fisheries)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง Contamination of synthetic microplastic fiber at the Lower Part of Chao Phraya River, Thailand

ปรเทพ เจนด่านกลาง, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์*, ธนัสพงษ์ โภควนิช, ชاکริต เรืองสอน

Poratape Jendanklang, Shettapong Meksumpun*, Tanuspong Pokavanich, Chakhrat Ruengsom

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Marine Sciences, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fffispm@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์ ดำเนินการโดยการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนเพื่อวิเคราะห์การปนเปื้อนในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 และเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัดในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ได้แก่ สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร และนนทบุรี คุณลักษณะของเส้นใยได้จำแนกตามขนาด สี และพอลิเมอร์ ผลการศึกษาพบว่าเส้นใยสังเคราะห์ในน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในจังหวัดสมุทรปราการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 855 ± 246 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่ปริมาณเส้นใยสังเคราะห์ในดินตะกอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในจังหวัดนนทบุรี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 365 ± 64 ชิ้นต่อกิโลกรัม โดยพบว่าปริมาณเส้นใยสังเคราะห์ในน้ำมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่และฤดูกาล ในขณะที่ดินตะกอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เส้นใยสังเคราะห์ขนาด 330-5,000 ไมโครเมตร มีสัดส่วนมากที่สุดในดินตะกอน นอกจากนี้ขนาดเส้นใยสังเคราะห์ที่พบเป็นกลุ่มหลักในน้ำมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูกาล โดยพบสีน้ำเงินและสีดำมากที่สุด พอลิเมอร์ที่พบมากที่สุดทั้งในน้ำและดินตะกอน ได้แก่ Polyethylene terephthalate โดยพอลิเมอร์ ชนิด Polypropylene พบสัดส่วนรองลงมา ซึ่งภาครัฐควรมีแนวทางจัดการไมโครพลาสติกกลุ่มนี้ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ดินตะกอน, มลพิษทางทะเล, แม่น้ำเจ้าพระยา, ไมโครพลาสติก, เส้นใยสังเคราะห์

Abstract

Research on contamination of microplastics in part of synthetic microplastic fiber was conducted by a collection of water and sediment samples during March 2021 and September 2021 along three provinces of the lower part of Chao Phraya River through Samut Prakan, Bangkok, and Nonthaburi provinces. The size, color, and polymer of fiber were categorized. Results showed the highest average abundance of synthetic microplastic fiber in water was found in Samut Prakan province with an average of 855 ± 246 items/m³, while the highest average abundance in sediment was found in Nonthaburi province with an average of 365 ± 64 items/kg dry weight. Statistical analysis shows significantly different accumulation between seasonal in sediment ($p < 0.05$), but contamination between seasonal and provinces in water was not found significantly different. The size of synthetic microplastic fiber in sediment mainly was found among 330 to 5,000 μ m while the dominant size of synthetic microplastic fiber in water was found in different groups between seasons. Blue and Black colors were mostly found in this study. Polyethylene terephthalate was found to be the majority composition either in water or sediment, while polypropylene was found to have an inferior composition. The Thai government should set guidelines for managing this synthetic microplastic fiber pollution in the future.

Keywords: Chao Phraya River, Marine pollution, Microplastic, Sediment, Synthetic microplastic fiber

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะที่เกิดจากพลาสติกเป็นปัญหาที่สำคัญต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ขยะพลาสติกขนาดใหญ่สามารถแตกตัวเป็นพลาสติกขนาดเล็ก หรือเรียกว่า “ไมโครพลาสติก” (Cole et al., 2011) โดยเป็นพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร (Barnes et al., 2009) ซึ่งสามารถสะสมในสิ่งแวดล้อมได้ในระยะเวลานาน และขนาดที่เล็กของไมโครพลาสติกทำให้สามารถเข้าไปสะสมในสัตว์น้ำได้ง่ายซึ่งอาจถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหารมาสู่มนุษย์

จากการรายงานในปัจจุบันพบว่า ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบในสิ่งแวดล้อมมีลักษณะเป็นเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งมักเกิดจากการซักผ้าในครัวเรือน และเมื่อเส้นใยของเสื้อผ้าเกิดการฉีกขาด ก่อให้เกิดเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กจำนวนมากออกสู่สิ่งแวดล้อม ผ่านทางน้ำทิ้งจากบ้านเรือน และระบบท่อระบายน้ำในชุมชน ซึ่งเป็นปัญหามลพิษที่สำคัญต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม (De Falco et al., 2019) หรือเกิดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในทะเล ได้แก่ กิจกรรมทางด้านการประมง เช่น เ็น อวน หรือเครื่องมือการทำประมงที่เกิดการสูญหาย หรือเสียหายระหว่างทำการประมง แม่น้ำถือเป็นเส้นทางหลักที่ขยะพลาสติกจะไหลออกสู่ทะเล โดยมีการรายงานว่าประเทศไทยถูกจัดเป็นประเทศที่มีปริมาณขยะพลาสติกไหลลงสู่ทะเลเป็นอันดับ 6 ของโลกในปี พ.ศ. 2554 (Jambeck et al., 2015) ซึ่งแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลักที่ตั้งอยู่ทางตอนกลาง และเป็นแม่น้ำสายสำคัญของประเทศไทย จากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ล้วนเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณไมโครพลาสติกที่จะเข้ามาสะสมอยู่ในแหล่งน้ำ และไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยในที่สุด ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการแพร่กระจายเชิงพื้นที่และเชิงฤดูกาลของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาสามารถนำไปเป็นแนวทางในการจัดการปัญหามลพิษจากไมโครพลาสติกของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษาและระยะเวลาการศึกษา

ดำเนินการในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 (ฤดูน้ำแล้ง) และเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 (ฤดูน้ำหลาก) โดยเก็บตัวอย่างบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ตั้งแต่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ถึงตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ทั้งหมด 9 สถานี ครอบคลุม 3 จังหวัด โดยสถานี C1-C3 เป็นตัวแทนพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ สถานี C4-C6 เป็นตัวแทนพื้นที่กรุงเทพมหานคร และสถานี C7-C9 เป็นตัวแทนพื้นที่จังหวัดนนทบุรี

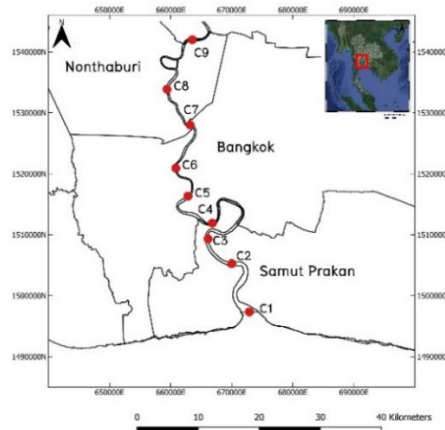


Fig. 1 Location of sampling stations along the lower part of Chao Phraya River

การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกจากน้ำและดินตะกอน

กระบวนการเก็บตัวอย่างน้ำปรับปรุงจากวิธีการของ (Chinfak et al., 2021) โดยเก็บตัวอย่างบริเวณกลางร่องน้ำ 1 จุดเก็บตัวอย่างต่อ 1 สถานีเก็บตัวอย่างโดยใช้ถังสแตนเลสขนาด 10 ลิตร ตักน้ำบริเวณผิวน้ำรวมปริมาตรทั้งสิ้น 200 ลิตร กรองผ่านถุงพลาสติกที่ซ้อน 3 ชั้น ขนาดตา 330 ไมโครเมตร 150 ไมโครเมตร และ 15 ไมโครเมตร ซ้อนจากบนลงล่างตามลำดับ เพื่อแยกไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์ตามช่วงขนาด ได้แก่ ช่วงขนาด 15–150 ไมโครเมตร 150–330 ไมโครเมตร และ 330–5,000 ไมโครเมตร หลังจากนั้นใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่างขนาด 250 มิลลิลิตรโดยแยกตามแต่ละช่วงขนาดต่อ 1 ขวดในแต่ละสถานี และใส่ Formalin 10 % เพื่อยับยั้งกระบวนการย่อยสลายจากจุลินทรีย์ขนาดเล็ก

กระบวนการเก็บตัวอย่างดินตะกอนปรับปรุงจากวิธีการของ (Chinfak et al., 2021) โดยเก็บตัวอย่างบริเวณข้างร่องน้ำ 1 จุดเก็บตัวอย่างต่อ 1 สถานีเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน (Ekman Grab sampler) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 15x15 ตารางเซนติเมตร เก็บที่ระดับความลึก 2 เซนติเมตรจากผิวดินตะกอน ซึ่งมีน้ำหนักดินตะกอนเปียกโดยประมาณ 400 กรัม และนำตัวอย่างพร้อมกระดาษฟอยล์ใส่ถุงเก็บตัวอย่าง เก็บในอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสในห้องปฏิบัติการจนกว่าจะนำไปวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกจากน้ำและดินตะกอน

กระบวนการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกจากน้ำปรับปรุงจากวิธีการขององค์การบริหารมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศแห่งชาติ (NOAA) (Masura et al., 2015) นำตัวอย่างในแต่ละสถานีซึ่งจำแนกตามช่วงขนาดมาผ่านกระบวนการย่อยอินทรีย์สารโดยเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1% ในอัตราส่วน 9 : 1 ปล่อยให้ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาแยกความหนาแน่น โดยเติมเกลือแกง 6 กรัม ต่อสารละลาย 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้สารแขวนลอยแยกชั้น และนำตัวอย่างที่ผ่านการแขวนลอยไปกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ขนาดรูกรอง 1.2 μm เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ใส่ Petri dish และนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนกว่าจะแห้ง และสุดท้ายนำตัวอย่างไปคัดแยกลักษณะด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอรวมถึงวัดขนาดด้วยโปรแกรม ImageJ พร้อมทั้งคำนวณปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละจังหวัด

กระบวนการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกจากดินตะกอนปรับปรุงจากวิธีการขององค์การบริหารมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศแห่งชาติ (NOAA) (Masura et al., 2015) นำตัวอย่างดินเปียกซึ่งมีน้ำหนักโดยประมาณ 400 กรัม ที่ผ่านการผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน ลงในภาชนะที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนกว่าจะแห้งพร้อมทั้งชั่งน้ำหนักของดินตะกอนแห้งจากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง หลังจากนั้นนำดินตะกอนแห้ง มาแยกความหนาแน่นโดยเติมเกลือแกง 6 กรัม ต่อสารละลาย 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และแยกสารแขวนลอยออกเพื่อนำไปผ่านกระบวนการย่อยอินทรีย์สารโดยเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1% ในอัตราส่วน 9 : 1 ปล่อยให้ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปแยกความหนาแน่นอีกครั้ง โดยเติมเกลือแกง 6 กรัม ต่อสารละลาย 20 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำสารแขวนลอยไปกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ขนาดรูกรอง 1.2 μm เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ใส่ Petri dish นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนกว่าจะแห้ง และสุดท้ายนำตัวอย่างไปคัดแยกลักษณะด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอรวมถึงวัดขนาดด้วยโปรแกรม ImageJ พร้อมทั้งคำนวณปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์ต่อน้ำหนักดินตะกอนแห้งรวมถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละจังหวัด

วิธีการระบุชนิดของไมโครพลาสติก

ใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR) ในการวิเคราะห์พอลิเมอร์เพื่อระบุชนิดของไมโครพลาสติก โดยจัดหมวดหมู่ของตัวอย่างตามรูปร่างและสีของไมโครพลาสติก หลังจากนั้นสุ่มแต่ละรูปร่างและสีมาอย่างละ 3 ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนในการนำไปวิเคราะห์พอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์แต่ละชนิดต่อไป รวมถึงทดสอบคุณสมบัติและลักษณะของพลาสติกด้วยวิธีการ Hot needle test ตามวิธีการของ (De Witte et al., 2014)

การทดสอบทางสถิติ

ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วย Shapiro wilk test ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ จะทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วย Kruskal Wallis H Test เพื่อทดสอบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างจังหวัดและฤดูกาล

ผลการศึกษา

ปริมาณของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์

จากการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์ในน้ำและดินตะกอนบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา ตอนล่างพบว่าปริมาณเส้นใยสังเคราะห์ในน้ำในเดือนมีนาคมและเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ในจังหวัดสมุทรปราการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 710 ± 33 และ 855 ± 246 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนกรุงเทพมหานครมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 685 ± 98 และ 822 ± 200 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และในจังหวัดนนทบุรีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 692 ± 140 และ 687 ± 85 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดในจังหวัดสมุทรปราการและกรุงเทพมหานครตามลำดับ โดยผลการทดสอบทางสถิติแสดงให้เห็นว่าเส้นใยสังเคราะห์ในน้ำในเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 มีปริมาณมากกว่าในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 ในทุกจังหวัดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ รวมถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญระหว่างจังหวัดเมื่อเปรียบเทียบในฤดูกาลเดียวกัน ขณะที่ปริมาณของเส้นใยสังเคราะห์ในดินตะกอน ในเดือนมีนาคมและเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ในจังหวัดสมุทรปราการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 279 ± 170 และ 93 ± 14 ชิ้นต่อกิโลกรัมตามลำดับ ในกรุงเทพมหานครมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 225 ± 69 และ 144 ± 79 ชิ้นต่อกิโลกรัมตามลำดับ และในจังหวัดนนทบุรีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 365 ± 64 และ 111 ± 108 ชิ้นต่อกิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดในจังหวัดนนทบุรีและสมุทรปราการตามลำดับ ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 พบว่าปริมาณเส้นใยสังเคราะห์ในดินตะกอนมีปริมาณมากกว่าเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ในทุกจังหวัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของเส้นใยสังเคราะห์มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญระหว่างจังหวัดเมื่อเปรียบเทียบในฤดูกาลเดียวกัน แสดงดัง Fig. 2

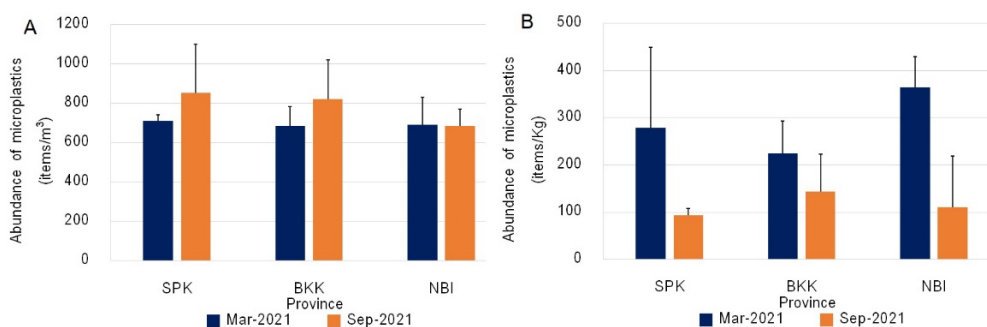


Fig. 2 Seasonal variation of average abundance (items/m³) of synthetic microplastic fiber in (A) water; and (B) sediment (items/kg dw) in the lower part of Chao Phraya River: Samut Prakan-SPK, Bangkok-BKK, Nonthaburi-NBI

องค์ประกอบของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์

ขนาด

เมื่อพิจารณาการแพร่กระจายของขนาดเส้นใยสังเคราะห์ในน้ำโดยเปรียบเทียบในฤดูกาลเดียวกันพบว่า ลักษณะการแพร่กระจายมีความคล้ายคลึงกันในแต่ละจังหวัด โดยภาพรวมในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 พบว่าช่วงขนาด 15-150 ไมโครเมตร มีปริมาณมากที่สุดจากปริมาณทั้งหมดที่พบในพื้นที่สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร และนนทบุรี คิดเป็น 45.3%, 43.3% และ 54.9% ตามลำดับ ส่วนช่วงขนาด 150-330 ไมโครเมตร มีปริมาณรองลงมา คิดเป็น 37.3% 31.1% และ 27.7% ตามลำดับ และช่วงขนาด 330-5000 ไมโครเมตร มีปริมาณน้อยที่สุดในทุกจังหวัด คิดเป็น 17.4%, 25.5% และ 17.3% ตามลำดับ ขณะที่เดือนกันยายน พ.ศ. 2564 พบว่าช่วงขนาด 150-330 ไมโครเมตร มีปริมาณมากที่สุดจากปริมาณทั้งหมดที่พบในพื้นที่สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร และนนทบุรี คิดเป็น 37.2% 47.7% และ 55.3% ตามลำดับ ส่วนช่วงขนาด 330-5,000 ไมโครเมตร มีปริมาณรองลงมาคิดเป็น 34.5%, 26.6% และ 23.1% ตามลำดับ ส่วนช่วงขนาด 15-150 ไมโครเมตรมีปริมาณน้อยที่สุดในทุกจังหวัด คิดเป็น 28.3%, 25.8% และ 21.6% ตามลำดับ

จากผลการทดสอบทางสถิติแสดงให้เห็นว่าปริมาณเส้นใยสังเคราะห์ในน้ำในทุกช่วงขนาดเมื่อพิจารณาในฤดูกาลเดียวกันพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างจังหวัด ขณะที่ผลการทดสอบทางสถิติระหว่างฤดูกาลพบว่า ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 เส้นใยสังเคราะห์ในน้ำช่วงขนาด 15-150 ไมโครเมตร มีปริมาณมากที่สุดจากปริมาณที่พบทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เดือนกันยายน พ.ศ. 2564 พบว่าช่วงขนาด 150-330 ไมโครเมตร มีปริมาณมากที่สุดจากปริมาณที่พบทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการศึกษาขนาดเส้นใยสังเคราะห์ในดินตะกอนพบว่าช่วงขนาด 330-5,000 ไมโครเมตร มีปริมาณมากที่สุดจากปริมาณทั้งหมดในทุกจังหวัดและในทุกฤดูกาล โดยในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 ช่วงขนาด 330-5,000 ไมโครเมตรที่พบทั้งหมดในดินตะกอนในพื้นที่สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร และนนทบุรี คิดเป็น 72.5%, 71.4% และ 77.7% ตามลำดับ ขณะที่เดือนกันยายน พ.ศ.2564 คิดเป็น 75.8%, 74.5% และ 78.5% ตามลำดับ ส่วนช่วงขนาด 150-330 ไมโครเมตร มีปริมาณรองลงมาและช่วงขนาด 15-150 ไมโครเมตร มีปริมาณน้อยที่สุดในทุกจังหวัดและในทุกฤดูกาล แสดงดัง Fig. 3

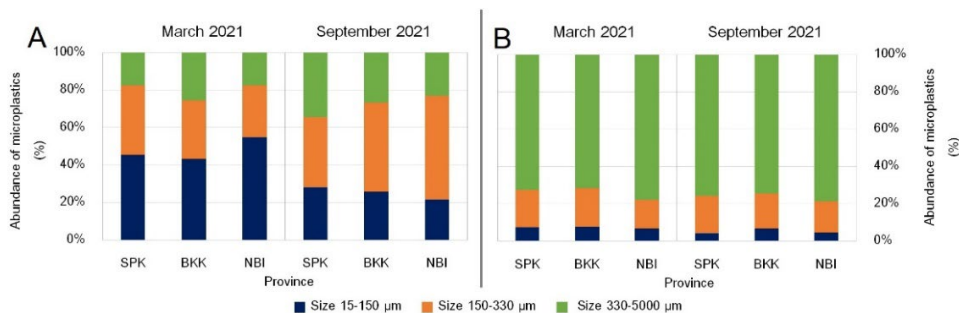


Fig. 3 Seasonal variation of average abundance (%) of synthetic microplastic fiber, comparing among sizes in (A) water; and (B) sediment in the lower part of Chao Phraya River: Samut Prakan-SPK, Bangkok-BKK, Nonthaburi-NBI

๗

จากผลการศึกษาพบสีของเส้นใยสังเคราะห์ทั้งหมด 5 สี ได้แก่ สีดำ สีน้ำเงิน สีแดง สีเขียว และสีเหลือง และกลุ่มที่ไม่มีสี (ใส) โดยสีน้ำเงินมีสัดส่วนสูงสุดในทุกช่วงฤดูกาล โดยคิดเป็น 36.6–54.8% และ 29.5–64.6% ทั้งในตัวอย่างน้ำและดินตะกอนตามลำดับ ในขณะที่สีดำมีสัดส่วนรองลงมา คิดเป็น 28.2–41.1% และ 24.4–44.8% ทั้งในตัวอย่างน้ำและดินตะกอน ตามลำดับ และพบสีแดงรองลงมาจากสีดำ คิดเป็น 4.9–20.7 % และ 3.1–14.8 % ทั้งในตัวอย่างน้ำและดินตะกอน ตามลำดับ สำหรับสีเขียว กลุ่มที่ไม่มีสี (ใส) และสีเหลือง พบว่ามีสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณไมโครพลาสติกทั้งหมดในทุกฤดูกาล แสดงดัง Fig. 4 จากการทดสอบทางสถิติพบว่า การแพร่กระจายของสีในน้ำและดินตะกอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างจังหวัด อย่างไรก็ตามในภาพรวมพบว่าในเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 เส้นใยสังเคราะห์สีน้ำเงินในน้ำมีปริมาณมากกว่าเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เส้นใยสังเคราะห์สีน้ำเงินและสีดำในดินตะกอนในเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 มีปริมาณน้อยกว่าเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

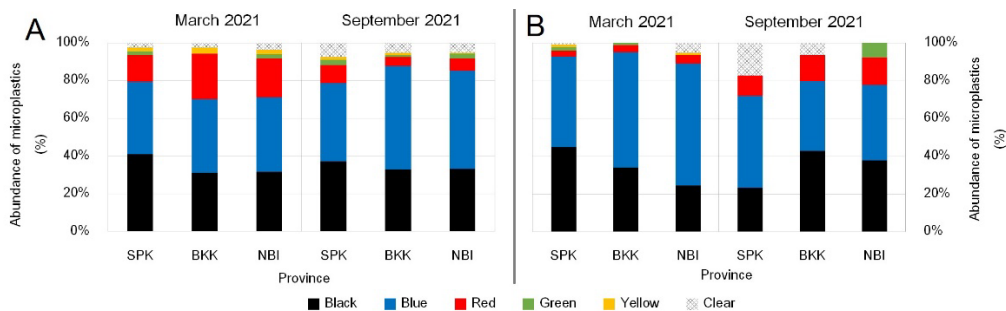


Fig. 4 Seasonal variation of average abundance (%) of synthetic microplastic fiber, comparing among color in (A) water; and (B) sediment in the lower Chao Phraya River: Samut Prakan-SPK, Bangkok-BKK, Nonthaburi-NBI

พอลิเมอร์

จากการทดสอบ FTIR (Fig. 5) พบว่าพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์ประกอบไปด้วยพอลิเมอร์ชนิด Polyethylene terephthalate เป็นสัดส่วนหลัก คิดเป็น 79.1–84.9 % และ 59.1–80.9 % ในน้ำและดินตะกอนตามลำดับ ส่วนพอลิเมอร์ชนิด Polypropylene มีสัดส่วนเป็นอันดับสอง คิดเป็น 14.8–19.0 % และ 19.1–40.9 % จากน้ำและดินตะกอนตามลำดับ ในขณะที่ Polyethylene คิดเป็น 0.4–1.9 % และ 1.0–4.7 % ทั้งในน้ำและดินตะกอนตามลำดับ และ Polyester ผสม cotton (65:35) คิดเป็น 0.2–0.6% และ 1.6–2.8 % จากน้ำและดินตะกอนตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณไมโครพลาสติกทั้งหมด แสดงดังใน Fig. 6

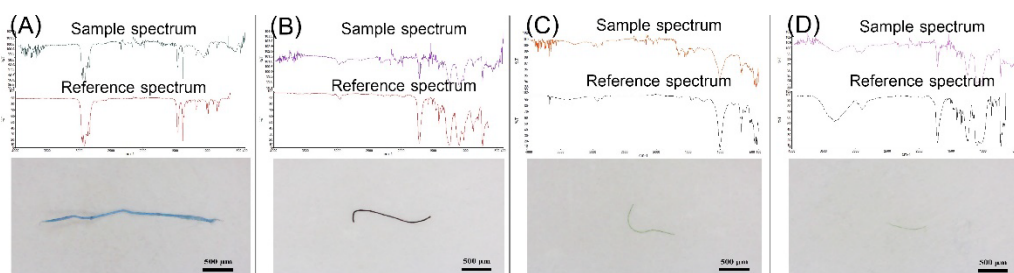


Fig. 5 Fourier Transform infrared (FTIR) spectrum of synthetic fiber and reference spectrum: (A) Polypropylene; (B) Polyethylene terephthalates; (C) Polyethylene; and (D) Polyester+cotton (65:35)

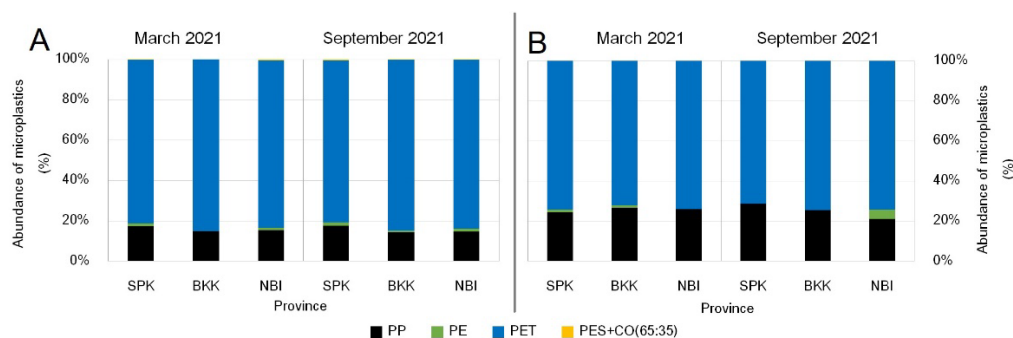


Fig. 6 Seasonal variation of average synthetic microplastic fiber polymer abundance (%) in (A) water; and (B) sediment in the lower part of Chao Phraya River: Samut Prakan-SPK, Bangkok-BKK, Nonthaburi-NBI

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาปริมาณเส้นใยสังเคราะห์ในน้ำพบว่า การปนเปื้อนในฤดูน้ำหลากมากกว่าฤดูน้ำแล้ง โดยในเดือนมีนาคมและเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ในจังหวัดสมุทรปราการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 710 ± 33 และ 855 ± 246 ขึ้นต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนกรุงเทพมหานครมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 685 ± 98 และ 822 ± 200 ขึ้นต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และในจังหวัดนนทบุรีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 692 ± 140 และ 687 ± 85 ขึ้นต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ขณะที่ปริมาณในดินตะกอนพบการสะสมในฤดูน้ำแล้งมากกว่าฤดูน้ำหลาก โดยในเดือนมีนาคมและเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ในจังหวัดสมุทรปราการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 279 ± 170 และ 93 ± 14 ขึ้นต่อกิโลกรัมตามลำดับ ในกรุงเทพมหานครมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 225 ± 69 และ 144 ± 79 ขึ้นต่อกิโลกรัมตามลำดับ และในจังหวัดนนทบุรีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 365 ± 64 และ 111 ± 108 ขึ้นต่อกิโลกรัมตามลำดับ เนื่องจากไมโครพลาสติกโดยส่วนใหญ่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทำให้ไมโครพลาสติกมีความสามารถในการลอยตัวและปนเปื้อนบริเวณผิวน้ำ (Cole et al., 2011) ซึ่งส่งผลให้พบการปนเปื้อนในบริเวณผิวน้ำมากกว่าในดินตะกอน โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์ในแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ กิจกรรมการใช้ประโยชน์จากมนุษย์ ปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำในแต่ละฤดูกาล (Kundu et al., 2022) ระยะเวลาคงอยู่และการขึ้นลงของน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (Oo et al., 2021) ซึ่งพบว่าการปนเปื้อนในน้ำจากการศึกษานี้มีปริมาณน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับการศึกษาในแม่น้ำ Saigon ในประเทศเวียดนาม (Lahens et al., 2018) โดยพบการปนเปื้อนของเส้นใยสังเคราะห์สูงถึง 172,000–519,000 ขึ้นต่อลูกบาศก์เมตร แต่พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับแม่น้ำ Hudson ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีค่า 980 ขึ้นต่อลูกบาศก์เมตร (Miller et al., 2017) ขณะที่ปริมาณการสะสมในดินตะกอนมีค่าสูงกว่าการศึกษาในแม่น้ำตาปี พุมดวงในประเทศไทย ซึ่งมีค่าเพียง 55–160 ขึ้นต่อกิโลกรัม (Chinfak et al., 2021)

เมื่อพิจารณาขนาดเส้นใยสังเคราะห์ในน้ำจากการศึกษานี้พบว่า โดยส่วนใหญ่มีขนาดที่เล็กกว่า 330 ไมโครเมตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาบริเวณแม่น้ำ Saigon ในประเทศเวียดนาม (Lahens et al., 2018) ซึ่งพบการปนเปื้อนของเส้นใยสังเคราะห์ขนาดที่เล็กกว่า 330 ไมโครเมตรเป็นส่วนใหญ่เช่นเดียวกัน ส่วนขนาดเส้นใยสังเคราะห์ในดินตะกอนจากการศึกษานี้พบว่า โดยส่วนมากมีขนาดที่ใหญ่กว่า 330 ไมโครเมตรซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในแม่น้ำ Magdalena ในประเทศโคลัมเบีย (Martinez Silva et al., 2020) ซึ่งพบว่าเส้นใยสังเคราะห์ในดินตะกอนโดยส่วนใหญ่มีขนาดที่มากกว่า 330 ไมโครเมตรเช่นเดียวกัน ซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่าขนาดของไมโครพลาสติกอาจเป็นที่ส่งผลต่อการจมตัวลงสู่ดินตะกอนทำให้พบการปนเปื้อนของเส้นใยขนาดใหญ่ปริมาณมากในดินตะกอน (Nizzetto et al., 2016)

เป็นไปได้ว่าที่การศึกษาพบไมโครพลาสติกสีน้ำเงินมากที่สุดนั้น เพราะสีน้ำเงินมีผลต่อการปกป้องจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ จึงมีโอกาสที่จะเกิดกระบวนการเสื่อมสภาพจากแสงมากกว่าสีอื่น ๆ เนื่องจากการดูดซับพลังงานทำได้ด้อยกว่าสีอื่น ๆ ซึ่งส่งผลต่อโอกาสที่มากขึ้นในการพบไมโครพลาสติกสีน้ำเงินในสิ่งแวดล้อม (Zhao et al., 2022) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในแม่น้ำ Hudson ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Miller et al., 2017) โดยพบเส้นใยสีน้ำเงินสีดำและสีแดงเป็นกลุ่มหลักเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพบสีของเส้นใยที่แตกต่างกันอาจมาจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์จากมนุษย์ ในส่วนผลการศึกษา Polyethylene terephthalate เป็นพอลิเมอร์ที่พบโดยส่วนใหญ่ โดยพบ Polypropylene รองลงมา ซึ่งพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดนิยมใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมเสื้อผ้าและสิ่งทออย่างแพร่หลาย เมื่อเสื้อผ้าที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ด้วยพอลิเมอร์พลาสติกเกิดการฉีกขาดจะก่อให้เกิดเป็นไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสังเคราะห์ขนาดเล็กปริมาณมากที่ถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อมผ่านทางระบบท่อระบายน้ำในชุมชนออกสู่แม่น้ำต่อไป (De Falco et al., 2019)

สรุป

แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์ทั้งในน้ำและการสะสมในดินตะกอนในปริมาณสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มเส้นใยสังเคราะห์จากพอลิเมอร์ชนิด Polyethylene terephthalate ซึ่งองค์ประกอบของเส้นใยสังเคราะห์ที่พบในการศึกษานี้มีองค์ประกอบของชนิดพอลิเมอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเสื้อผ้าและสิ่งทอ ซึ่งแม้ว่าในปัจจุบันภาครัฐจะมีมาตรการที่รณรงค์ในการลดขยะพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม เช่น แผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561–2573 แต่ไม่ครอบคลุมไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์ที่พบการปนเปื้อนและสะสมปริมาณมากในสิ่งแวดล้อม ซึ่งในอนาคตควรมีการจัดการและเร่งแก้ไขกับปัญหาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติของกลุ่มไมโครพลาสติกที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตทางทะเลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ สำหรับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติซึ่งนำมาใช้ในการสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนเครื่องมือสำหรับการทำวิจัย และขอขอบคุณสมาชิกทุกท่านในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินตะกอน และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมทางทะเล

เอกสารอ้างอิง

- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 364: 1985–1998. doi: 10.1098/rstb.2008.0205
- Chinfak, N., Sompongchaiyakul, P., Charoenpong, C., Shi, H., Yeemin, T., Zhang, J. 2021. Abundance, composition, and fate of microplastics in water, sediment, and shellfish in the Tapi-Phumduang river system and Bandon bay, Thailand. *Sci. Total Environ.* 781: 146700. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146700.
- Cole, M., Lin, P., Halsband, C., Galloway, T.S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62: 2588–2597. doi:10.1016/j.marpollbul.2011.09.025

- De Falco, F., Di Pace, E., Cocca, M., et al. 2019. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Sci. Rep.* 9: 6633. doi.org/10.1038/s41598-019-43023-x
- De Witte, B., Devriese, L., Bekaert, K., Hoffman, S., Vandermeersch, G., Cooreman, K., Robbens, J. 2014. Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types. *Mar. Pollut. Bull.* 85: 146–155. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.06.006
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Law, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Sci.* 347: 768–771. doi: 10.1126/science.1260352
- Kundu, M.N., Komakech, H.C., Lugomela, G. 2022. Analysis of macro- and microplastics in riverine, riverbanks, and irrigated farms in Arusha, Tanzania. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 82: 142–157. doi: 10.1007/s00244-021-00897-1
- Lahens, L., Strady, E., Kieu-Le, T.-C., Dris, R., Boukerma, K., Rinnert, E., Gasperi, J., Tassin, B. 2018. Macroplastic and microplastic contamination assessment of a tropical river (Saigon River, Vietnam) transversed by a developing megacity. *Environ. Pollut.* 236: 661–671. doi:10.1016/j.envpol.2018.02.005
- Martínez P.S., Nanny, M.A. 2020. Impact of microplastic fibers from the degradation of nonwoven synthetic textiles to the Magdalena river water column and river sediments by the city of Neiva, Huila (Colombia). *Water* 12: 1210. doi.org/10.3390/w12041210
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., Arthur, C. 2015. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments. NOAA Technical Memorandum. National Oceanic and Atmospheric Administration. Washington, DC, USA.
- Miller, R.Z., Watts, A.J.R., Winslow, B.O., Galloway, T.S., Barrows, A.P.W. 2017. Mountains to the sea: River study of plastic and non-plastic microfiber pollution in the Northeast USA. *Mar. Pollut. Bull.* 124: 245–251. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.07.028
- Nizzetto, L., Bussi, G., Futter, M.N., Butterfield, D., Whitehead, P.G. 2016. A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments. *Environ. Sci. Process. Impacts.* 18: 1050–1059. doi: 10.1039/c6em00206d
- Oo, P.Z., Boontanon, S.K., Boontanon, N., Tanaka, S., Fujii, S. 2021 Abundance and Distribution of suspended microplastics in the surface water of Chao Phraya river estuary. *Thai Environ. Eng. J.* 34: 57–66.
- Zhao, X., Wang, J., Leung, K.M.Y., Wu, F. 2022. Color: An important but overlooked factor for plastic photoaging and microplastic formation. *Environ. Sci. Technol.* 56: 9161–9163. doi: 10.1021/acs.est.2c02402

การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์: กรณีศึกษาพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี

Contamination of microplastics in zooplankton: A case study in the coastal area Chonburi province

ศรัญญา แยมชมนชื่น, เซษรุพงษ์ เมฆสัมพันธ์*, ชاکริต เรืองสอน, จิตรภรณ์ พักโสภา

Saranya Yamchomchuen, Shettapong Memsumpun*, Chakhrit Ruengsom, Jitraporn Phaksopa

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: ffisspm@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมลพิษทางทะเลที่เกิดจากไมโครพลาสติกถือว่าเป็นปัญหาระดับโลก สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลอย่างมาก เนื่องจากสิ่งมีชีวิตในทะเลไม่สามารถย่อยไมโครพลาสติกได้ ทำให้สะสมอยู่ในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการตายและมีการถ่ายทอดสู่ระดับการกินอาหารต่อไปในห่วงโซ่อาหาร จากการศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ 2 ขนาด (150–330, >330 μ m) บริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี พบไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ 6 กลุ่ม ได้แก่ Larvaceans, Copepod, Copepod nauplius, *Lucifer* sp., Megalopa larvae และ Polychaete larvae โดยพบ Copepod เป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่น มีปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 70 \pm 110 ชิ้นต่อ 100 ตัว ในกลุ่ม Nauplius copepod และ 80 \pm 30 ชิ้นต่อ 100 ตัว ในกลุ่ม *Lucifer* sp. โดยมีความยาวของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 5.7–5,600 และ 5.4–5,250 ไมโครเมตร ตามลำดับ ลักษณะของไมโครพลาสติกที่พบเป็นเส้นใย (98%) พอลิเมอร์ที่พบได้แก่ พบ Polypropylene (19%), Polyethylene terephthalate (15%), Polyethylene (8%) และ Polyester (4%) นอกจากนี้ยังพบเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ Cotton (31%) และเส้นใยกึ่งธรรมชาติ ได้แก่ Rayon (23%) โดยผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีมาตรการในการจัดการด้านขยะมากขึ้น

คำสำคัญ: ชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี, แพลงก์ตอนสัตว์, ไมโครพลาสติก

Abstract

Marine pollution caused by microplastics is now a global problem. It has a severe impact on many marine lives. This is because marine life cannot digest microplastics. Causing it to accumulate in the body which is one of the causes of death. Microplastics can transfer through the trophic level. Our research shows the contamination of microplastics in zooplankton of two sizes (150–330, >330 μ m) in coastal areas. At Chonburi Province, microplastics were found in six groups of zooplankton: Larvaceans, Copepod, Copepod nauplius, *Lucifer* sp., Megalopa larvae and Polychaete larvae. Copepods were found as the dominant group of zooplankton. Microplastic abundance was 70 \pm 110 pieces/100 ind. and 80 \pm 30 pieces/100 ind. in the Nauplius copepod group and in *Lucifer* sp., respectively. Whereas, the microplastic lengths range from 5.7–5600 and 5.4–5250 μ m, respectively. Characteristics of microplastics were fibers (98%) while polymers were polypropylene (19%), polyethylene terephthalate (15%), polyethylene (8%) and polyester (4%). There were also natural fibers such as cotton (31%) and semi-natural fibers such as rayon (23%). Overall results suggest that the government needs to pay more attention to the garbage management measures.

Keywords: Coastal area Chonburi Province, Microplastics, Zooplankton

คำนำ

ขยะพลาสติกถูกพบว่ามีปริมาณและกระจายเป็นวงกว้างในทะเลมากขึ้น ซึ่งการย่อยสลายของพลาสติกต้องใช้เวลาที่นาน จึงทำให้เกิดการตกค้างและสะสมอยู่ในทะเล ปัจจุบันประเทศไทยถูกจัดอันดับอยู่ในอันดับที่ 5 ของโลกที่มีการปล่อยขยะพลาสติกลงสู่ทะเล พลาสติกชิ้นใหญ่สามารถแตกหักกลายเป็นพลาสติกชิ้นเล็ก หรือที่ในปัจจุบันเรียกกันว่า ไมโครพลาสติก ซึ่งถูกนิยามว่าเป็นพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร (Moore, 2008) โดยกำลังได้รับความสนใจในปัจจุบัน เนื่องจากไมโครพลาสติกนั้นมีขนาดเล็ก ทำให้ยากต่อการกำจัดออกไปจากสิ่งแวดล้อมในทะเล จึงเกิดการสะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตในทะเลในที่สุด ซึ่งไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตในทะเลสามารถส่งผลกระทบต่อระบบในร่างกาย เช่น อัตราการกินอาหารลดลง (Cole et al., 2013)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีรายงานการพบไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตทางทะเล (Desforges et al., 2015; Sun et al., 2017) เพิ่มมากขึ้น โดยในประเทศไทยมีรายงานการพบไมโครพลาสติกในสัตว์ทะเล ได้แก่ แพลงก์ตอนสัตว์ หอยฝาเดียว หอยสองฝา เพรียงหิน กุ้ง และปลา (Thushari et al., 2017; Buathong et al., 2020; Klangnurak and Chunniyom, 2020; Pradit et al., 2021) จึงเป็นที่น่ากังวลว่าไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในทะเลจะถูกสะสมเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารในทะเล โดยการถ่ายทอดไปตามลำดับของห่วงโซ่อาหาร (Wright, 2013) ซึ่งห่วงโซ่อาหารในทะเลนั้น มีแพลงก์ตอนสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นผู้บริโภคลำดับต้น จึงเป็นอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตในทะเลในลำดับห่วงโซ่อาหารที่สูงขึ้นไปหลายชนิด โดยแพลงก์ตอนสัตว์ในทะเลนั้น พบได้หลายกลุ่มและหลายขนาด ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัยมุ่งหมายเพื่อศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์โดยแบ่งตามขนาดตัว (150–330, > 330 μm) ในพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์หลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นที่อยู่อาศัย การทำประมงชายฝั่ง การท่องเที่ยว โรงงานอุตสาหกรรม และการคมนาคมขนส่ง เป็นต้น ซึ่งพบว่าทุกกิจกรรมมีการใช้ประโยชน์จากพลาสติก จึงมีโอกาที่พลาสติกเหล่านี้จะกลายเป็นไมโครพลาสติก และสะสมในสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ ทำการศึกษาบริเวณพื้นที่ชายฝั่งตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกง จนถึงอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี จำนวน 9 สถานี ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 (Fig. 1) โดยแบ่งพื้นที่เป็น 4 พื้นที่หลัก ได้แก่ พื้นที่ใกล้ปากแม่น้ำบางปะกง (CH1, CH2 และ CH3) พื้นที่ศรีราชา-เกาะศรีชัง-นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง (CH4 และ CH5) พื้นที่เกาะไผ่-เกาะล้าน-ชายฝั่งเมืองพัทยา จอมเทียน และนาจอมเทียน (CH6 และ CH7) และพื้นที่เกาะคราม (CH8 และ CH9)

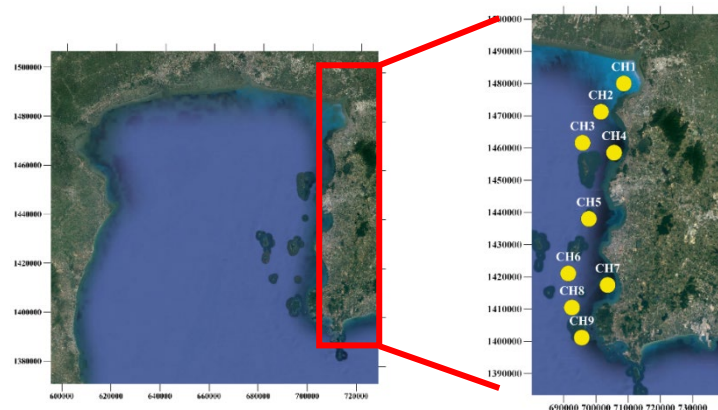


Fig.1 Zooplankton sampling point in coastal area of Chonburi Province

วิธีการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์

ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์โดยกรองน้ำทะเลที่ผิวน้ำปริมาตร 200 ลิตร ผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 330 และ 150 ไมโครเมตร ตามลำดับ จากนั้นเก็บรักษาสภาพตัวอย่างด้วยฟอร์มาลินเข้มข้น 4% เพื่อนำมาจำแนกและวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในห้องปฏิบัติการภาคชีววิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการจำแนกแพลงก์ตอนสัตว์

นำแพลงก์ตอนสัตว์ที่ได้จากถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 150 และ 330 ไมโครเมตร มาทำความสะอาดล้างสกรกที่ติดบนตัวแพลงก์ตอนสัตว์ที่ละตัว โดยใช้ปากคีบ (Forceps) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Stereo Microscope) จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการกำจัดไอออนออกแล้ว (Deionized Water) เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ติดอยู่บนตัวแพลงก์ตอนสัตว์ดำเนินการคัดแยกกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ (ลัดดา, 2541) และนับจำนวนตัวทั้งหมดในแต่ละกลุ่ม ซึ่งการหาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์คำนวณโดยการใช้จำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมดที่นับได้ในแต่ละกลุ่มหารด้วยปริมาตรน้ำที่กรอง

วิธีการสกัดไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์

การย่อยแพลงก์ตอนสัตว์ทำโดยการนำตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์จำนวนรวมทั้งหมดในแต่ละกลุ่มมาทำการย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้น ตามวิธีการของ Desforges et al. (2015) หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำมากรองผ่านกระดาษกรอง GF/C และอบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองที่ได้ มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Compound Microscope) พร้อมทั้งนับจำนวนไมโครพลาสติก จำแนกรูปปร่าง สี และความยาว

วิธีการระบุชนิดของไมโครพลาสติก

การระบุชนิดไมโครพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์พอลิเมอร์ใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR Type II; Perkin Almer, UK) ทำโดยการเลือกสเปกตรัมลักษณะของไมโครพลาสติก (รูปร่าง และสี) ในแต่ละกลุ่มมา 20% เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์เพื่อหาความแตกต่างระหว่างปริมาณไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งสองช่วงขนาด (150–330 และ >330 μm) ด้วย Kruskal–Wallis H Test (Buathong et al., 2020)

ผลการศึกษา

องค์ประกอบและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์

องค์ประกอบของแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในพื้นที่ตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกง–อำเภอสัตหีบ มีทั้งสิ้น 3 ไฟลัม ดังนี้ Phylum Chordata ได้แก่ Class Larvacea สำหรับ Phylum Arthropoda ได้แก่ Class Crustacea และ Phylum Annelida ได้แก่ Class Polychaeta สามารถแบ่งเป็น 6 กลุ่มดังนี้ Larvaceans, Copepod, Copepod nauplius, Megalopa larvae, Lucifer และ Polychaete larvae โดยพบ Copepod เป็นกลุ่มเด่น มีช่วงความหนาแน่นเท่ากับ 50–2,680 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร โดยเป็น Copepod ที่มีขนาดระหว่าง 150–330 ในสถานีที่ 4 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ อ.ศรีราชา และ 35–230 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับ Copepod ที่มีขนาดใหญ่กว่า 330 ไมโครเมตร (Tables 1 and 2)

Table 1 Microplastic characteristic of zooplankton group size 150–330 μm (mesh size 150 μm)

Zooplankton groups	Zooplankton density (ind./m ³)	Average abundance (pieces/100 ind.)	Microplastic length (μm)
Larvaceans	105–495	30±30	5.7–5,600
Copepod	50–2,680	20±20	19–3,780
Copepod nauplius	15–775	70±110	23.4–3,330
Megalopa larvae	0–65	10±30	681.8–3,430
Polychaete larvae	75–200	40±30	173.1–4,900

Table 2 Microplastic characteristic of zooplankton group size >330 μm (mesh size 330 μm)

Zooplankton groups	Zooplankton density (ind./m ³)	Average abundance (pieces/100 ind.)	Microplastic length (μm)
Larvaceans	0–95	70±20	27.7–161
Copepod	35–230	50±20	5.4–4,620
Copepod nauplius	0–115	10±10	12.7–1,260
<i>Lucifer</i> sp.	0–65	80±30	20.8–1,220
Megalopa larvae	0–75	40±30	135.2–5,250
Polychaete larvae	0–45	30±10	555–2,890

องค์ประกอบและปริมาณของไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี พบได้ 2 รูปแบบ คือ เส้นใย (fiber; FB) และแผ่น (fragment; FM) (Fig 2) โดยมีเส้นใยเป็นกลุ่มเด่น (98%) ส่วนสีของไมโครพลาสติกประกอบไปด้วย 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ สีน้ำเงินอยู่ที่ 77.5% สีแดง 10.4% และสีขาว 9.6% ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดระหว่าง 150–330 ไมโครเมตร และกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่กว่า 330 ไมโครเมตร พบสีน้ำเงิน 82.2% สีแดง (8.6%) และสีขาว 8% (Fig. 3)

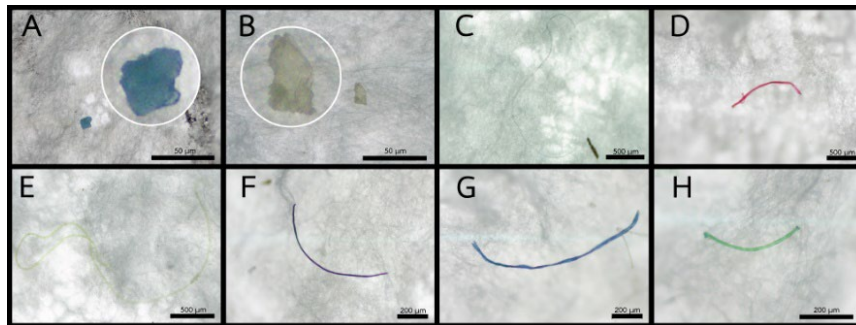


Fig. 2 Shape of microplastics ingested by zooplankton (A); blue fragment (B); white fragment (C); white fiber (D); red fiber (E); yellow fiber (F–G); blue fiber (H); green fiber

ความยาวของไมโครพลาสติกมีค่าอยู่ในช่วง 5.7–5,600 ไมโครเมตร ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดระหว่าง 150–330 ไมโครเมตร และ 5.4–5,250 ไมโครเมตร ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่กว่า 330 ไมโครเมตร โดยในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดระหว่าง 150–330 ไมโครเมตร สามารถพบไมโครพลาสติกที่มีความยาวเรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ Larvaceans (5.7–5,600 μm), Polychaete larvae (173.1–4,900 μm), Copepod (19–3,780 μm), Megalopa larvae (681.8–3,430 μm) และ Copepod nauplius (23.4–3,330 μm) ไมโครเมตร สำหรับในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่กว่า 330 ไมโครเมตร สามารถพบไมโครพลาสติกที่มีความยาวเรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ Megalopa larvae (135.2–5,250 μm), Copepod (5.4–4,620 μm), Polychaete larvae (555–2,890 μm), Nauplius copepod (12.7–1,260 μm), *Lucifer* sp. (20.8–1,220 μm) และ Larvaceans (27.7–161 μm) (Table 1, Table 2)

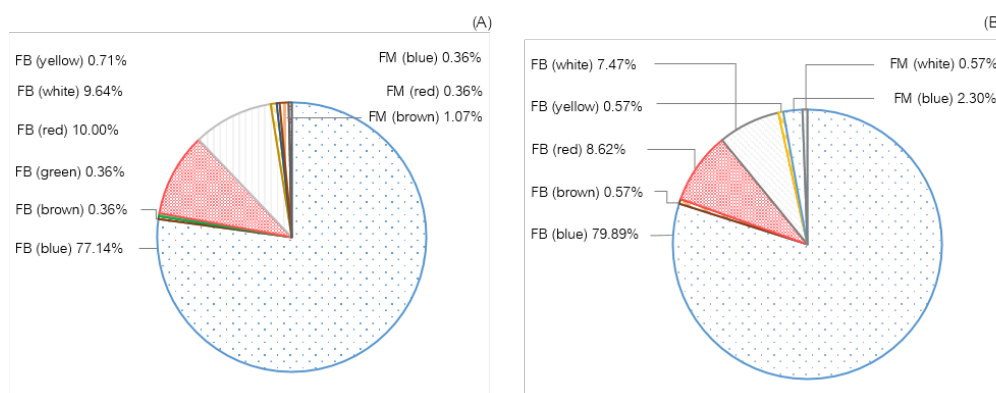


Fig. 3 Type of microplastics ingested by zooplankton: (A) group size 150–330 μm ; (B) group size >330 μm

ปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในกลุ่ม Larvaceans, Copepod, Copepod nauplius, *Lucifer* sp., *Megalopa* larvae และ Polychaete larvae มีค่าเท่ากับ 30 ± 30 , 20 ± 20 , 70 ± 110 , 10 ± 30 และ 40 ± 30 ขึ้นต่อ 100 ตัว ตามลำดับ ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดระหว่าง 150–330 ไมโครเมตร สำหรับในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่กว่า 330 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 70 ± 20 , 50 ± 20 , 10 ± 10 , 80 ± 30 , 40 ± 30 และ 30 ± 10 ขึ้นต่อตัว ตามลำดับ

ชนิดของไมโครพลาสติกสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ เส้นใยธรรมชาติ (Cotton) เส้นใยสังเคราะห์ (Rayon) และไมโครพลาสติก (PP, PET, PE และ Polyester) โดยภาพรวมในพื้นที่ศึกษาพบ Cotton เป็นกลุ่มหลักอยู่ที่ 31% แต่ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบเป็นกลุ่มหลักคือ Polypropylene (19%), Polyethylene terephthalate (15%), Polyethylene (8%) และ Polyester (4%) (Fig. 4)

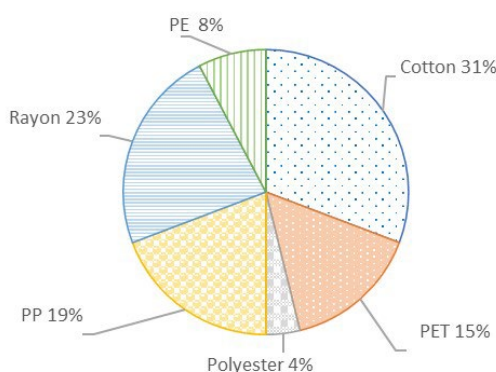


Fig. 4 Polymer types of microplastics samples

วิจารณ์ผลการศึกษา

องค์ประกอบและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์

จากผลการศึกษาร่วมกันขององค์ประกอบและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี พบ Copepod เป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่น ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ ขวัญเรือน และรุจิรา (2547) ที่ศึกษาการแพร่กระจายและความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยพบ Copepod เป็นกลุ่มเด่นเช่นเดียวกัน มีความหนาแน่น 5×10^3 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร และพบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 41 กลุ่ม นอกจากนี้จากการศึกษาของ ขวัญเรือน และ คณะ (2560) ที่ศึกษาประชาคมแพลงก์ตอน บริเวณชายฝั่ง ภาคตะวันออกของอ่าวไทย พบ Copepod เป็นกลุ่มเด่นเช่นเดียวกัน โดยมีความหนาแน่นเท่ากับ 18.19×10^4 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบมีทั้งหมด 54 กลุ่ม จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาที่ได้มีความสอดคล้องในเรื่ององค์ประกอบของแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นกลุ่มเด่น แต่อาจไม่มีความสอดคล้องกันในเรื่องความหลากหลายขององค์ประกอบของแพลงก์ตอนสัตว์ เนื่องจากผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้ พบแพลงก์ตอนสัตว์เพียง 6 กลุ่ม ซึ่งการศึกษาของ ขวัญเรือน และรุจิรา (2547) พบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 41 กลุ่ม และ ขวัญเรือน และคณะ (2560) พบ 54 กลุ่ม ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากวิธีการเก็บแพลงก์ตอนสัตว์ที่แตกต่างกัน โดย ขวัญเรือน และรุจิรา (2547) และ ขวัญเรือน และคณะ (2560) เก็บด้วยวิธีการใช้ถุงกรองขนาดตา 100 ไมโครเมตร ลากไปตามผิวน้ำในแนวตั้ง ซึ่งต่างจากการศึกษาครั้งนี้ที่เก็บด้วยวิธีการตักน้ำบริเวณผิวน้ำผ่านถุงกรองแทนการลาก เนื่องจากต้องการศึกษาแพลงก์ตอนสัตว์ที่แบ่งตามช่วงขนาด

องค์ประกอบและปริมาณของไมโครพลาสติก

จากผลการศึกษาไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ พื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี พบไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใย เป็นกลุ่มเด่น 98% มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Vibhatabandhu and Srithongouthai (2022) ที่ทำการศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณผิวน้ำ ในพื้นที่อ่าวไทยตอนใน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี พบไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใย มากที่สุด มีสัดส่วน 34% นอกจากนี้ Buathong et al. (2020) และ Sun et al. (2017) พบไมโครพลาสติกเส้นใยเป็นกลุ่มเด่นในแพลงก์ตอนสัตว์ 100% ในพื้นที่อ่าวบางละมุง จังหวัดชลบุรี และ 70% ในพื้นที่ทางตอนเหนือของทะเลจีนใต้ ตามลำดับ จึงเป็นไปได้ว่าแพลงก์ตอนสัตว์มีโอกาสพบกับไมโครพลาสติกเส้นใย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้

ความยาวของไมโครพลาสติกในการศึกษานี้มีค่าอยู่ในช่วง 5.7–5,600 ไมโครเมตร ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ ขนาดระหว่าง 150–330 ไมโครเมตร และ 5.4–5,250 ไมโครเมตร ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่กว่า 330 ไมโครเมตร ซึ่งช่วงความยาวของไมโครพลาสติกที่ได้มีขนาดที่มากกว่าค่าจำกัดความของไมโครพลาสติก (เล็กกว่า 5 มิลลิเมตร) ซึ่งพบทั้งสิ้นเพียงสองชิ้น เนื่องจากเส้นใยไมโครพลาสติกนั้นมีลักษณะขดและพันกันจนมีขนาดเล็กกว่าความยาวจริง ทำให้สามารถรอดผ่านตุกรองได้จนทำให้เกิดการปนเปื้อนได้เช่นกัน จากการศึกษาของ Sun et al. (2017) พบความยาวของไมโครพลาสติกมีค่าอยู่ในช่วง 4–2,399 ไมโครเมตร และ Buathong et al. (2020) พบความยาวของไมโครพลาสติกมีค่าอยู่ในช่วง 100–500 ไมโครเมตร จะเห็นได้ว่าความยาวของไมโครพลาสติกในการศึกษานี้มีค่ามากกว่าการศึกษาอื่น ซึ่งความยาวของไมโครพลาสติกมีผลต่อการนำเข้าไปโดยแพลงก์ตอนสัตว์ ยิ่งไมโครพลาสติกมีขนาดเล็ก โอกาสที่จะพบการปนเปื้อนในแพลงก์ตอนสัตว์จึงเพิ่มขึ้น (Wright et al., 2013) แต่จากผลการศึกษาที่ได้ พบความยาวของไมโครพลาสติกเฉลี่ยมีค่ามากกว่าขนาดตัวของแพลงก์ตอนสัตว์ที่ช่วง 150–330 ไมโครเมตร โดยมีความเป็นไปได้ว่ามีไมโครพลาสติกบางชิ้นที่ติดอยู่บนผิว หรือเกี่ยวอยู่กับอวัยวะภายนอก แม้ว่าจะทำความสะอาดตัวแพลงก์ตอนสัตว์ไปแล้วก็ตาม โดยมีรายงานการศึกษาของ Cole et al. (2013) ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ให้ไมโครพลาสติกเป็นอาหารสำหรับแพลงก์ตอนสัตว์ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีไมโครพลาสติกที่สะสมในตัวแพลงก์ตอนสัตว์ และติดอยู่บนอวัยวะภายนอกด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามไมโครพลาสติกที่ติดอยู่ภายนอกตัวแพลงก์ตอนสัตว์สามารถส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตเนื่องจากการเกี่ยวพันที่ตัว หรือเป็นการเพิ่มโอกาสที่แพลงก์ตอนสัตว์จะนำไมโครพลาสติกชิ้นนั้นเข้าสู่ร่างกาย

ปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยในแพลงก์ตอนสัตว์รวมทั้ง 2 ชนิด พบค่าสูงสุดในกลุ่ม Copepod เท่ากับ 5.10 ± 0.37 ชิ้นต่อตัว และเมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างปริมาณไมโครพลาสติกกับช่วงขนาดของแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งสอง พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่นัยสำคัญ 0.05 ซึ่งในการศึกษาของ Vibhatabandhu and Srithongouthai (2022) พบปริมาณไมโครพลาสติกบริเวณผิวน้ำในอ่าวไทยตอนใน 9.97 ชิ้นต่อลิตร และ Buathong et al. (2020) ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ บริเวณอ่าวบางละมุง พบค่าสูงสุดในกลุ่ม Cirripedia nauplius เท่ากับ 1.15 ± 0.05 ชิ้นต่อตัว แสดงให้เห็นว่าไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในแพลงก์ตอนสัตว์นั้นมาจากไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนอยู่ในทะเลนั่นเอง

จากการศึกษาในเรื่องช่วงขนาดของแพลงก์ตอนสัตว์ พบไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ทั้ง 2 ช่วงขนาด โดยช่วงขนาดของไมโครพลาสติกไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sun et al. (2017) ที่ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยตุกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 160 และ 505 ไมโครเมตร แสดงให้เห็นว่าในปัจจุบันมีการสะสมของไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 150 ไมโครเมตร เป็นต้นไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อตั้งแต่ตัวแพลงก์ตอนสัตว์เอง ได้แก่ การเติบโต การสืบพันธุ์ ช่วงอายุที่สั้นลง (Botterell et al., 2019) และไมโครพลาสติกสามารถถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหาร (Andrady, 2011) ได้จากการกินต่อกันเป็นทอด ๆ เนื่องจากแพลงก์ตอนสัตว์เป็นผู้บริโภคลำดับต้นของห่วงโซ่อาหารในทะเล

ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบ ได้แก่ Polypropylene (19%), Polyethylene terephthalate (15%), Polyethylene (8%) และ Polyester (4%) สอดคล้องกับการศึกษาของ Buathong et al. (2020) ที่พบไมโครพลาสติกชนิด Polyethylene terephthalate (63.9%) และการศึกษาของ Vibhatabandhu and Srithongouthai (2022) พบไมโครพลาสติกชนิด Polyethylene (27%) และ Polypropylene (16%) ซึ่งในปัจจุบัน Polyethylene และ Polypropylene ถูกนำมาใช้ในการทำประมง ได้แก่ ใช้ถักอวน เป็นเชือกผูกเรือ หรือสายลากของอวนลากเนื่องจากมีราคาถูก และหาได้ง่าย (SEAFDEC, 2020) ส่วน Polyester นั้นมักนิยมนำไปใช้ในการผลิตเสื้อผ้า เพราะมีคุณสมบัติยืดหยุ่น และคงรูปร่างได้ดี (พิณิตตา, 2559) นอกจากนี้ยังพบเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ Cotton (31%) และเส้นใยสังเคราะห์ ได้แก่ Rayon (23%) ซึ่ง Buathong et al. (2020) และ Vibhatabandhu and Srithongouthai (2022) พบ Rayon และ Cotton เหมือนในการศึกษาครั้งนี้ด้วยเช่นกัน โดยจากการสุ่มตัวอย่างไมโครพลาสติกเบื้องต้นก่อนที่จะนำมาเข้าเครื่อง FT-IR มีการสันนิษฐานว่าตัวอย่างที่ได้มาจะเป็นไมโครพลาสติกทั้งหมด แต่จากผลที่ได้กลับพบว่ามีชนิด Cotton และ Rayon เป็นกลุ่มเด่น ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้ ไม่พบพลาสติกเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นคาดว่าการศึกษาในอนาคตนอกเหนือจากศึกษาไมโครพลาสติก ควรมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับแหล่งที่มาของกลุ่มเส้นใยธรรมชาติ และสังเคราะห์ เพื่อลดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทางทะเลด้วยเช่นกัน

สรุป

ผลการศึกษากการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ พื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี โดยศึกษาองค์ประกอบของแพลงก์ตอนสัตว์พบว่า Copepod เป็นกลุ่มเด่น มีปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยในแพลงก์ตอนสัตว์สูงสุดอยู่ที่กลุ่ม Copepod nauplius เท่ากับ 70 ± 110 ชิ้นต่อ 100 ตัว สำหรับถุงกรองขนาดระหว่าง 150–330 ไมโครเมตร และ *Lucifer* sp. เท่ากับ 80 ± 30 ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่กว่า 330 ไมโครเมตร พบความยาวของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วงตั้งแต่ 5.7–5,600 ไมโครเมตร ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดระหว่าง 150–330 ไมโครเมตร และ 5.4–5,250 ไมโครเมตร ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่กว่า 330 ไมโครเมตร โดยมีเส้นใยเป็นกลุ่มเด่นที่พบ ซึ่งจากการศึกษาที่ได้พบไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ตั้งแต่ช่วงขนาด 150–330 และ มากกว่า 330 ไมโครเมตร แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสที่ไมโครพลาสติกจะสะสมในแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กมากขึ้น ผลที่ได้ครั้งนี้บ่งบอกถึงแหล่งที่มาของการปนเปื้อนของไมโครพลาสติก ซึ่งเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแพลงก์ตอนสัตว์ และสามารถถ่ายทอดสู่ห่วงโซ่อาหารในทะเล ดังนั้นควรเน้นให้ตระหนักถึงความสำคัญของระบบการบริหารจัดการด้านขยะ เพื่อลดการปนเปื้อนของขยะพลาสติกในทะเลในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง ที่ให้การสนับสนุนในด้านเครื่องมือ FT-IR สำหรับการวิเคราะห์ ขอขอบคุณสมาชิกทุกท่านในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมทางทะเล และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินตะกอน ที่คอยให้คำปรึกษาตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

ขวัญเรือน ศรีนุ้ย, รุจิรา แก้วกิ่ง. 2547. การแพร่กระจายและความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณชายฝั่งภาคตะวันออก ปี 2547. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

- ขวัญเรือน ศรีนุ้ย, สุพัตรา ตะเหลบ, วันศุกร์ เสนานาญ. 2560. ความผันแปรตามฤดูกาลและลักษณะทางพันธุกรรมของประชาคมแพลงก์ตอน บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอ่าวไทย เพื่อการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ต่อชุมชนท้องถิ่นอย่างยั่งยืน. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.
- พิณิตตา ผลาทิพย์. 2559. การดูดซับโลหะหนักด้วยเส้นใยประดิษฐ์ดัดแปร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2541. แพลงก์ตอนสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62: 1596–1605. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.03
- Botterell, Z.L.R., Beaumont, N, Dorrington, T., Steinke, M., Thompson, R.C., Lindeque, P.K. 2019. Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: A review. *Environ. Res.* 180: 98–110. doi.org/10.1016/j.envres.2018.10.065
- Buathong, D., Sriwisait, P., Pnengsakun, S., et al. 2020. Accumulation of microplastics in zooplankton from Chonburi Province, the Upper Gulf of Thailand. *Ramkhamhaeng International Journal of Science and Technology* 3: 1–12.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T.S. 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ. Sci. Technol.* 47: 6646–6655. doi: 10.1021/es400663f
- Desforges, J.P., Galbraith, M., Ross, P.S. 2015. Ingestion of Microplastics by Zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 69: 320–330. doi: 10.1007/s00244-015-0172-5
- Klangnurak, W., Chunniyom, S. 2020. Screening for microplastics in marine fish of Thailand: The accumulation of microplastics in the gastrointestinal tract of different foraging preferences. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27: 27161–17168. doi.org/10.1007/s11356-020-09147-8
- Moore, C.J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environ. Res.* 108: 131–139. doi: 10.1016/j.envres.2008.07.025
- Pradit, S., Noppradit, P., Goh, G.B., Sornplang, K., Ong, M.C., Towatana, P. 2021. Occurrence of microplastics and trace metals in fish and shrimp from Songkhla Lake, Thailand during the Covid-19 pandemic. *Applied Ecology and Environmental Research* 19: 1085–1106.
- Sun, X., Li, Q., Zhu, M., Liang, J., Zheng, S., Zhao, Y. 2017. Ingestion of microplastics by natural zooplankton groups in the northern South China Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 115: 217–224. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.12.004
- SEAFDEC. 2020. เชือกใยยักษ์ Polypropylene (PP). http://www.seafdec.or.th/home/phocadownload/Fishery Knowledge/Miscellaneous/pepp_rope.pdf, 18 มกราคม 2566.

Thushari, G.N.G., Senevirathna, D.M.J., Yakupitiyage, A., Chavanich, S. 2017. Effects of microplastics on sessile invertebrates in the eastern coast of Thailand: An approach to coastal zone conservation.

Mar. Pollut. Bull. 124: 349–355. dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.010

Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine

organisms: A review. Environ. Pollut. 178: 483–492. doi: 10.1016/j.envpol.2013.02.031

Vibhatabandhu, P., Srithongouthai, S. 2022. Abundance and characteristics of microplastics contaminating

the surface water of the Inner Gulf of Thailand. Water Air Soil Pollut. 50. doi.org/10.1007/s11270-022-

05531-x

การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879) Microplastic contamination in giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879)

กัญญารัตน์ ตีฮ้อ^๑, ศิริพร ประดิษฐ์^{๑,*}, ธงชัย นิตริรัฐสุวรรณ^๒

Kanyarat Tee-hor^๑, Siriporn Pradit^{๑,*}, Thongchai Nitiratsuwana^๒

^๑สถานวิจัยสมุทรศาสตร์ชายฝั่งและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

^๒คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง 92150

^๓Coastal Oceanography and Climate Change Research Center, Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand

^๔Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang 92150, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: siriporn.pra@psu.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบนิเวศในประเทศไทยเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม อาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารของมนุษย์ จึงทำการศึกษาไมโครพลาสติกในเนื้อเยื่อของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879) จากการทำประมงของชาวประมงบริเวณปากแม่น้ำตรัง รวม 30 ตัว บันทึกข้อมูลความยาวเปลือกหัว (CL) (เซนติเมตร) ความยาวปล้องท้อง (AL) (เซนติเมตร) และน้ำหนักตัว (BW) (กรัม) ของกุ้งก้ามกราม และจำนวน (ชิ้นต่อน้ำหนักเนื้อ 5 กรัม) ขนาด (ไมโครเมตร) ลักษณะ สี และประเภทพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติก วิเคราะห์ข้อมูลด้วย multiple regression พบว่าไมโครพลาสติกมีจำนวน 3.40 ± 2.18 ชิ้นต่อกรัม ส่วนใหญ่เป็นเส้นใยสีน้ำเงิน ขนาดอยู่ในช่วง 20–100 μm และชนิดพอลิเมอร์ที่พบ คือ polyethylene terephthalate (41.68%), rayon (33.33%), polypropylene (8.33%), nylon (8.33%) และ polyamide (8.33%) ตามลำดับ สมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกุ้งก้ามกรามกับจำนวนไมโครพลาสติกดังนี้ จำนวนไมโครพลาสติก = $3.579 + (-0.25 \times BW) + (-0.574 \times AL) + (0.74 \times CL)$

คำสำคัญ: กุ้งก้ามกราม, ปนเปื้อน, ไมโครพลาสติก

Abstract

Microplastic (MP) contamination in Thailand's ecosystems is currently an environmental issue. Its contamination in living organisms may have a negative impact on human food security. The research explored MP contamination in the tissues of a giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879). From fishing by fishermen around the estuary of Trang river total 30 person. The carapace length (CL) (cm), abdomen length (AL) (cm) and body weight (BW) (g) of the giant freshwater prawn and the, number (pieces/5 grams of meat weight), size (μm), appearance, color and polymer type were recorded. We used multiple regression analysis to explore factors affecting accumulation in the giant freshwater prawn. We found 3.40 ± 2.18 pieces/5 grams of meat weight. The most common MPs were blue fibers with size ranged from 20–100 μm . The dominant polymer types included polyethylene terephthalate (41.68%), rayon (33.33%), polypropylene (8.33%), nylon (8.33%), and polyamide (8.33%), respectively. We found the relationship between the size of giant freshwater prawns and the total number of MP = $3.579 + (-0.25 \times BW) + (-0.574 \times AL) + (0.74 \times CL)$.

Keywords: Contaminated, Giant freshwater prawn, Microplastics

คำนำ

ปัจจุบันมีการนำพลาสติกมาเป็นวัสดุตั้งต้นในการผลิตทดแทนวัสดุจากธรรมชาติ (PlasticsEurope, 2018) พลาสติกเป็นวัสดุที่มีความสำคัญในสังคมยุคใหม่ (Silva et al., 2020) และถูกใช้งานแพร่หลายอย่างมากในช่วงศตวรรษที่ 20 และมีอัตราการผลิตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยใน พ.ศ. 2561 มีปริมาณการผลิตพลาสติกทั่วโลกมากถึง 359 ล้านตัน (PlasticEurope, 2019) อีกทั้งประเทศไทยติดอันดับทิ้งขยะลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมากเป็นอันดับที่ 6 ของโลก (Jambeck et al., 2015) จากกระบวนการผลิตส่งผลกระทบต่อให้มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกหลุดลอดจากกระบวนการหนึ่งโน้นมีเศษพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร เรียกว่า ไมโครพลาสติก (Authur et al., 2009) โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ไมโครพลาสติกแหล่งกำเนิดปฐมภูมิ (primary microplastics) เช่น microbead ที่เป็นส่วนผสมในโฟมล้างหน้า เครื่องสำอาง สครับขัดผิว เส้นใยจากเสื้อผ้า และไมโครพลาสติกแหล่งกำเนิดทุติยภูมิ (secondary microplastics) เกิดจากการย่อยสลาย แตกหักกลายเป็นอนุภาคหรือชิ้นส่วนขนาดเล็กในสิ่งแวดล้อม (GESAMP, 2016)

ไมโครพลาสติกตกค้างในทะเล สามารถสะสมในห่วงโซ่อาหาร และถ่ายทอดมายังมนุษย์ ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้าย นอกจากนั้นไมโครพลาสติกยังสามารถดูดซับมลสารต่าง ๆ เช่น โลหะหนัก polychlorinated biphenyls (PCBs) รวมถึงสารเติมแต่งในไมโครพลาสติก เช่น สี สารเพิ่มความยืดหยุ่น จึงทำให้ไมโครพลาสติกทำหน้าที่เสมือนปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายสารพิษจากสิ่งแวดล้อม (Cole et al., 2011) ไมโครพลาสติกถูกดูดซึมได้ทางชีวภาพ ด้วยการกินกินของสิ่งมีชีวิตในน้ำ หรือการเลือกกินพลาสติกที่มีลักษณะคล้ายกับอาหารของสิ่งมีชีวิต และมีรายงานว่าการสะสมไมโครพลาสติกในทางเดินอาหารของสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดบาดแผลภายใน และอุดตันทางเดินอาหาร ซึ่งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลมีความอ่อนไหวต่อผลกระทบทางกายภาพของการดูดซึมไมโครพลาสติก (Wright et al., 2013) เมื่อผลิตภัณฑ์พลาสติกถึงจุดสิ้นสุดของการใช้งาน และถูกทิ้งในถังขยะเพียง 14% ของบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ แต่ผลิตภัณฑ์พลาสติกขยะที่จัดการไม่ถูกต้องจำนวนมากถูกทิ้งลงในระบบนิเวศ (Pradit et al., 2020) สาเหตุเหล่านี้ส่งผลให้แหล่งน้ำและทะเลมีการปนเปื้อนของขยะ และไมโครพลาสติก ทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำมีโอกาสได้รับไมโครพลาสติก สะสมในร่างกาย (Van et al., 2012) ทำให้ไมโครพลาสติกเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร (food chain) (พรนภา และคณะ, 2564) ซึ่งผู้บริโภคลำดับที่สูงในห่วงโซ่อาหารรวมถึงมนุษย์ ที่เป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้าย (Cole et al., 2013) เช่น *Paraty australiensis* (Nan et al., 2020) *Macrobrachium lanchesteri* (Tongnunui et al., 2022) ดังที่ Schwabz et al. (2019) พบไมโครพลาสติกในอุจจาระของมนุษย์ แสดงว่าไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายมนุษย์แล้ว ซึ่งส่วนใหญ่มีแหล่งที่มาจากการบริโภคอาหารและน้ำ (Shruti et al., 2020) นอกจากนี้ไมโครพลาสติก ยังสามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการสูดดม (Gasperi et al., 2018)

การวิจัยนี้ทำการศึกษาจำนวน ขนาด และลักษณะของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในกุ้งก้ามกราม เพื่อประเมินให้เข้าใจถึงสถานการณ์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกรามซึ่งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการบริหารไมโครพลาสติกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำ

สุ่มตัวอย่างกุ้งก้ามกรามบริเวณตำบลบ่อน้ำร้อน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ซึ่งเป็นตอนปลายของแม่น้ำตรังก่อนไหลลงสู่ทะเล จากชาวประมงพื้นบ้านที่ทำประมงจำนวน 3 ราย โดยสุ่มเลือกชาวประมงที่ทำประมงแบบใช้เครื่องมือประเภทเบ็ดในการจับกุ้ง ในแม่น้ำตรัง จำนวน 3 ราย รายละ 10 ตัว รวมเป็นจำนวน 30 ตัว ในเดือนกันยายน พ.ศ.2565 ตัวอย่างกุ้งก้ามกรามได้นำมาห่อแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ และนำมาแช่เก็บไว้ในตู้แช่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส

การป้องกันการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในการศึกษา

ดำเนินการทดสอบ blank test โดยการวางบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นตั้งไว้ในตู้ดูดควัน บริเวณกล้องจุลทรรศน์ ภายหลังการทดลองไม่พบไมโครพลาสติกในบีกเกอร์ ภายในห้องปฏิบัติการไม่มีสิ่งรบกวน เช่น ลม ผู้วิจัยสวมถุงมือ เสื้อกาวน์ หมวกคลุมผมอนามัย และหน้ากากอนามัยตลอดการปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่างกุ้งก้ามกรามมาละลายน้ำแข็ง ความยาวเปลือกหัว (carapace length; CL) (เซนติเมตร) ความยาวปล้องท้อง (abdomen length; AL) (เซนติเมตร) และน้ำหนักตัว (body weight; BW) (กรัม) ตามมาตรฐานการวัดขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (The Food and Agriculture Organization of the United Nation: FAO) วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดัดแปลงวิธีจาก Dehaut et al. (2016) โดยการนำตัวกุ้งก้ามกรามมาผ่าเอาเนื้อส่วนกลางลำตัว (ไม่รวมลำไส้ และกระเพาะอาหาร) ซึ่งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม มาตัดเป็นชิ้นเล็กลงในบีกเกอร์ จากนั้นนำตัวอย่างไปใส่สารโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 10% ปริมาณ 30 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วคนสารอย่างต่อเนื่อง 1 นาที ปิดด้วยกระดาษฟรอยด์เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอมจากอากาศ และให้ความร้อนที่ 60 °C เวลา 5 นาที แล้วนำมาวางย่อยต่อในอุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปกรองผ่านผ้ากรองขนาด 20 ไมครอน และนำผ้ากรองไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

การศึกษาจำนวน ขนาด ลักษณะ และสีของไมโครพลาสติก

นำตัวอย่างไมโครพลาสติกที่อยู่บนผ้ากรองมานับจำนวน วัดขนาด สังเกตลักษณะและสี ด้วยสายตาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอชนิด 3 กระบอกตา (stereo microscope) ยี่ห้อ Olympus รุ่น SZ61 พร้อมฐาน light-emitting diode โดยนับจำนวนไมโครพลาสติกหน่วยเป็นชิ้น แบ่งขนาดออกเป็น 4 ช่วง ได้แก่ 20–100 μm , 101–500 μm , 501–1000 μm และ > 1000 μm และจำแนกลักษณะเป็น 2 รูปแบบ คือ เส้นใย (fiber) และชิ้นส่วนไม่มีรูปแบบ (fragment)

การศึกษาชนิดพอลิเมอร์

ระบุชนิดพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกโดยสุ่มตัวอย่างไมโครพลาสติกจากกุ้งก้ามกราม ที่มีขนาดความยาวมากกว่า 100 μm มาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR); Perkin Elmer โดยความยาวคลื่นที่วิเคราะห์อยู่ในช่วง 4000 ถึง 400 cm^{-1} และเปรียบเทียบกับสเปกตรัมที่ได้กับสเปกตรัมมาตรฐานจาก library ของเครื่อง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรม Microsoft Excel ทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วย Kolmogorov-Smirnov Z test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไมโครพลาสติกกับความยาวเปลือกหัว ความยาวปล้องท้อง และน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามด้วย multiple regression โดยใช้โปรแกรม Excel 2007 (Office Professional Plus 2016)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสุ่มตัวอย่างกุ้งก้ามกราม 30 ตัว บริเวณตำบลบ่อน้ำร้อน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง พบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจำนวนไมโครพลาสติก เท่ากับ 2.18 ทดสอบการกระจายของความยาวเปลือกหัว ความยาวปล้องท้อง และน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามมีการแจกแจงปกติ ($p < 0.05$) ด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Z test ขนาดตัวของกุ้งก้ามกรามที่นำมาใช้ในการศึกษา มีความยาวเปลือกคลุมหัว ความยาวปล้องท้อง และน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 3.70–5.40 เซนติเมตร 7.40–10.00 เซนติเมตร 29.33–99.11 กรัม เฉลี่ย 4.46 ± 0.40 เซนติเมตร 8.53 ± 0.65 เซนติเมตร และ 56.18 ± 15.08 กรัม ตามลำดับ ไมโครพลาสติก 3.40 \pm 2.18 ชิ้นต่อตัว (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกของกุ้งในประเทศต่าง ๆ (Table 2) เช่น ในประเทศออสเตรเลีย พบไมโครพลาสติก 0.52 \pm 0.55 ชิ้นต่อตัว (Nan et al., 2020) ประเทศอินเดีย พบ 0.39 \pm 0.60 ชิ้นต่อตัว (Daniel et al., 2020) ประเทศเบลเยียม พบ 0.68 \pm 0.55 ชิ้นต่อตัว และ 1.23 \pm 0.99 ชิ้นต่อตัว (Devriese et al., 2015) ประเทศไทย พบ 0.46 \pm 1.64 ชิ้นต่อตัว (Tongnunui et al., 2022) พบว่าการศึกษานี้มีค่ามากกว่าทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ ฤดูกาล และการใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับพลาสติกที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งในประเทศที่มีประชากรจำนวนมากกว่าอาจมีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกมากกว่า แต่อาจมีการจัดการขยะที่ถูกต้องและเหมาะสม (พันธุทิพย์ และคณะ, 2563)

Table 1 Carapace length (cm), weight (g) and abdomen length (cm) in *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879

Fisherman	carapace length (cm)			weight (g)			abdomen length (cm)			microplastics (pieces/5 grams of meat weight)
	max	min	mean \pm SD	max	min	mean \pm SD	max	min	mean \pm SD	
1	4.80	3.70	4.47 \pm 0.34	81.25	29.33	54.09 \pm 14.61	10.00	7.40	8.53 \pm 0.82	3.60 \pm 1.87
2	5.40	3.70	4.61 \pm 0.52	99.11	30.30	56.64 \pm 18.14	9.50	7.40	8.48 \pm 0.58	4.00 \pm 2.67
3	4.70	3.90	4.34 \pm 0.31	77.10	33.79	57.80 \pm 13.51	9.40	7.90	8.59 \pm 0.56	2.60 \pm 1.96
average total	4.97	3.77	4.46 \pm 0.40	85.82	31.14	56.18 \pm 15.08	9.63	7.57	8.53 \pm 0.65	3.40 \pm 2.18

ขนาดของไมโครพลาสติกจากการศึกษาพบทั้ง 4 ขนาด โดยขนาดที่พบมากที่สุดคือ ขนาด 20–100 μm จำนวน 51 ชิ้น (50.00%) รองลงมา 101–500 μm จำนวน 9 ชิ้น (8.82%) 501–1000 μm จำนวน 17 ชิ้น (16.67%) และ มากกว่า 1000 μm จำนวน 25 ชิ้น (24.51%) (Fig. 1) เมื่อเปรียบเทียบชาวประมงทั้ง 3 คน พบว่ากุ้งก้ามกรามของชาวประมงคนที่ 2 มีไมโครพลาสติกขนาด 20–100 μm มากที่สุด จำนวน 21 ชิ้น (41.18%) แต่การศึกษาของ Pradit et al. (2021) พบไมโครพลาสติกช่วงขนาด 500–1000 μm มากที่สุด และการศึกษาของ Tongnunui et al. (2022) พบไมโครพลาสติกช่วงขนาด > 50–500 μm มากที่สุด

รูปแบบของไมโครพลาสติกที่พบในกุ้งก้ามกรามประกอบด้วยลักษณะเส้นใย (fiber) 82 ชิ้น (80.40%) และชิ้นส่วนไม่มีรูปแบบ (fragment) 20 ชิ้น (19.60%) (Fig. 2) ซึ่งลักษณะเส้นใยที่พบมากที่สุดสอดคล้องกับการศึกษาไมโครพลาสติกใน *Penaeus semisulcatus* ประเทศอิหร่าน (Abbasi et al., 2017) และ freshwater shrimp, *Macrobrachium*

lanchesteri ประเทศไทย (Tongnunui et al., 2022) เมื่อเปรียบเทียบชาวประมงทั้ง 3 คน พบว่าลักษณะเส้นใยเด่นชัดสุด อย่างไรก็ตาม จากการสอบถามชาวประมงในพื้นที่ประมงพบว่ามีการปล่อยน้ำเสียจากครัวเรือนลงสู่แม่น้ำตรัง ดังนั้น เส้นใยไมโครพลาสติกที่พบในกุ้งก้ามกรามอาจมาจากการระบวนการซักผ้าของครัวเรือน และบางส่วนเป็นวัสดุที่อยู่ในน้ำอยู่แล้ว เช่น เชือก อวน ซึ่งกุ้งก้ามกรามอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมน้ำจืด และมีความหลากหลายของอาหารที่กุ้งก้ามกรามบริโภค อาทิเช่น สัตว์ 20–40% พืช 10–20% นอกเหนือจากที่กล่าวมาเป็นทราย 3–5% (Costa et al., 1986) เนื่องจากลักษณะเส้นใยของพลาสติกที่แตกตัวออกสามารถลอยอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานานเพราะมีความหนาแน่นต่ำ และรองลงมาเป็นชิ้นส่วนไม่มีรูปแบบ มีลักษณะของผิวที่ขรุขระซึ่งเกิดจากการแตกตัว ผุกร่อนจากธรรมชาติ (Weintein et al., 2016)

สีของไมโครพลาสติกที่พบในเนื้อของกุ้งก้ามกรามพบว่ามีสีน้ำเงิน 57 ชิ้น (55.90%) สีดำ 39 ชิ้น (38.20%) สีอื่น ๆ 6 ชิ้น (5.90%) ได้แก่ สีแดงและสีเหลือง พบในตัวอย่างเนื้อเยื่อกุ้งก้ามกรามตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบชาวประมงทั้ง 3 พบว่าทั้ง 3 คน มีสีน้ำเงินเด่นชัด และชาวประมงคนที่เด่นชัดที่สุด คือ ชาวประมงคนที่ 2 สอดคล้องกับการศึกษาของ Nan et al. (2020); Devriese et al. (2015); Pradit et al. (2021); Hossain et al. (2020) และ Daniel et al. (2020) ที่พบสีน้ำเงินและสีดำ ในขณะที่สีโปร่งใสและสีเขียวมักไม่มีการศึกษาในสีอื่น ๆ เอกสารการวิจัย สีที่พบในไมโครพลาสติกอาจมาจากการย้อมสีจากแหล่งกำเนิดวัสดุ (Thetford et al., 2003) เช่น เลื่อเช็ดสีน้ำเงิน เลื่อสีแดง อวนสีน้ำเงิน ขวดน้ำสีเขียว ของเล่นสีเหลืองและสีดำ ซึ่งเป็นสีของไมโครพลาสติกที่สามารถเข้าสู่ระบบของสิ่งมีชีวิตในทะเลได้ ดังที่เห็นในหลาย ๆ การศึกษาวิจัยและการศึกษาครั้งนี้ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่พบเป็นสีน้ำเงิน และรองลงมาคือสีอื่น ๆ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตไม่สามารถแยกความแตกต่างของอาหารที่ปนเปื้อน (Ugwu et al., 2021) จากการศึกษา Wringht et al. (2013) รายงานว่า สิ่งมีชีวิตจะเลือกกินพลาสติกที่มีลักษณะคล้ายกับอาหารหรือเหยื่อ

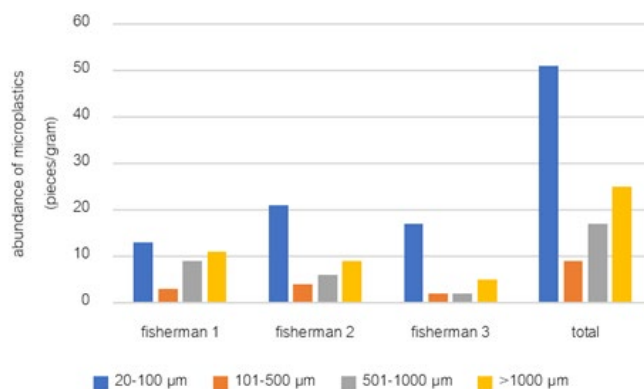


Fig. 1 Quantity of microplastics in varied sizes found in *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879 comparing between the samples from three fisherman and all samples

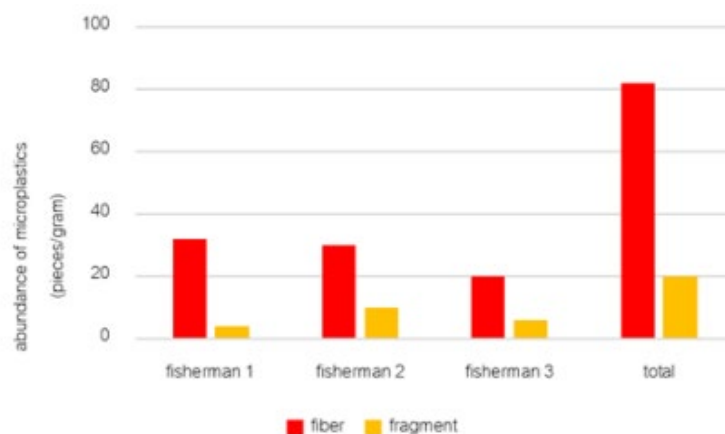


Fig. 2 Microplastic shapes found in *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879 comparing between the samples from three fisherman and all samples

ชนิดพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกรามจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR พบ 5 ประเภท คือ polyethylene terephthalate; PET (41.68%), rayon (33.33%), polypropylene; PP (8.33%), nylon (8.33%) และ polyamide; PA (8.33%) ตามลำดับ พอลิเมอร์เหล่านี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตอุปกรณ์ตกปลา รวมไปถึงบรรจุภัณฑ์อาหาร และวัสดุเสื้อผ้า (Wang et al., 2019) มีการศึกษาพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกในกุ้งจำนวนมาก เช่น Pradit et al. (2021) พบ rayon, paint, polyester, polyvinyl alcohol และ polyethylene Nan et al. (2020) rayon, polyester และ polyimide และ Tongnunui et al. (2022) polydimethylsiloxane, polyamide, polyester และ polymethyl methacrylate เห็นได้ว่าพอลิเมอร์ที่พบในแต่ละการศึกษาขึ้นอยู่กับพื้นที่การศึกษานั้น ๆ

เป็นไปได้ว่าที่พบพอลิเมอร์ดังกล่าวนี้ เป็นเพราะว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์ และใช้แหล่งน้ำในชีวิตประจำวัน เช่น การซักผ้า การทำประมง (อวนจับปลา อุปกรณ์ตกปลา) และวัสดุบรรจุภัณฑ์อาหาร (Gurjar et al., 2021) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ เมื่อใช้เป็นเวลานาน จะเกิดการผุกร่อน แตกตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็ก ทั้งนี้ปริมาณไมโครพลาสติกขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการรับประทานอาหาร และความเป็นพิษของไมโครพลาสติกขึ้นอยู่กับปริมาณไมโครพลาสติกประเภทของพอลิเมอร์ ขนาด คุณสมบัติทางเคมี และความสามารถละลายในไขมันที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย (Smith et al., 2018)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไมโครพลาสติกกับ ความยาวเปลือกหัว ความยาวปล้องท้อง และน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกราม ด้วย multiple regression พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ร้อยละ 41.1 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไมโครพลาสติกกับ ความยาวเปลือกหัว ความยาวปล้องท้อง และน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามมีความสัมพันธ์ต่ำ โดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบตาม Equation 1

$$\text{จำนวนไมโครพลาสติก} = 3.58 + (-0.25 \times BW) + (-0.57 \times LA) + (0.74 \times CL) \quad (1)$$

โดยภาพรวมแล้วผลบ่งชี้ว่า มีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกรามซึ่งอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมน้ำจืด และน้ำกร่อย บริเวณปากแม่น้ำตรัง บริเวณตำบลบ่อน้ำร้อน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง แสดงให้เห็นว่ากุ้งก้ามกรามไม่สามารถแยกไมโครพลาสติกที่ติดกับอาหารได้ โดยอาหารที่กุ้งกินเข้าไปอาจมีไมโครพลาสติกปนเปื้อนอยู่ ซึ่งกุ้งไม่สามารถแยกแยะอาหารที่ปนเปื้อนไมโครพลาสติกออกได้ทั้งในการกินอาหาร หรือไมโครพลาสติกในน้ำที่ผ่านการกรองกินของกุ้ง

เนื่องจากสีและขนาดเล็กมาก ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเข้าสู่ร่างกาย นั่นคือเหตุผลที่พบไมโครพลาสติกในเนื้อเยื่อและกระเพาะอาหาร (Bordbar et al., 2018) หรืออาจติดอยู่บริเวณอวัยวะแลกเปลี่ยนก๊าซของสัตว์น้ำ พลาสติกมีส่วนประกอบของสารเคมีเช่นสารปรอทสังสี สารเพิ่มความยืดหยุ่น ซึ่งเมื่อพลาสติกแตกตัวเป็นไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กจึงทำให้มีโอกาสหลุดรอดเข้าสู่เนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ง่าย (Moos et al., 2012)

สรุป

การศึกษานี้พบว่ามีการสะสมไมโครพลาสติกในเนื้อเยื่อของกุ้งก้ามกราม โดยไมโครพลาสติกที่พบเป็นประเภทเส้นใยมากที่สุด และส่วนมากเป็นสีฟ้า จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไมโครพลาสติกที่พบในเนื้อเยื่อกับ ขนาดของกุ้งก้ามกรามมีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ กล่าวคือจำนวนของไมโครพลาสติกไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของกุ้ง ผลจากการศึกษาทำให้ทราบถึงสถานการณ์การปนเปื้อนเข้าสู่ระบบเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของสัตว์น้ำ และอาจส่งผลกระทบต่อมนุษย์ในที่สุด ดังนั้นการศึกษาต่อไปควรเพิ่มการศึกษาด้านผลกระทบของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศ และสัตว์น้ำชนิดต่างๆ

Table 2 A summary of results from various studies on microplastic contamination in shrimp species.

Species	Area	Chemical	Abundance	Size (μm)	Shape	Color	Polymer
<i>Paratya australiensis</i> ¹	Australia	NaOH	0.52±0.55 pieces/g.	36-4668	fiber, fragment, film, pellet	black, blue, green, red, transparent, white, yellow, gray	rayon, polyester, polymide
<i>Crangon crangon</i> ²	Belgium	HNO ₃ : HClO ₄ 4:1	0.68±0.55 pieces/g. 1.23±0.99 pieces/g.	200-1000	fiber	transparent, translucent, orange, yellow-greenish, purple-blue, pink	-
<i>Parapenaeops ishardwickii</i> ³	Thailand	KOH10%	4.11±1.12 pieces/individual	500 – 1500	fiber	black, blue, white, red	rayon, paint, polyester, polyvinyl alcohol, polyethylene
<i>Metapenaeus brevicornis</i> ³	Thailand	KOH10%	3.78±0.48 pieces/individual	500 – 5000	fiber	black, blue, white, red	rayon, polyester, polyvinyl alcohol, polyethylene, paint
<i>P. monodon/ gastrointestina</i> ⁴	Bangladesh	H ₂ O ₂ 30%	6.60±2.00 pieces/g.	250 – 5000	fiber, fragment	blue, black, transparent, green, red	rayon, polyamide
<i>M. monoceros/ gastrointestina</i> ⁴	Bangladesh	H ₂ O ₂ 30%	7.80±2.00 pieces/g.	<250 – 5000	fiber, fragment	blue, black, transparent, green	rayon, polyamide
<i>Fenneropenaeus indicus</i> ⁵	India	KOH10%	0.39±0.60 pieces/g.	157 – 2785	fiber, fragment	red, blue, black, transparent, green	polyethylene, polyester,

Species	Area	Chemical	Abundance	Size (μm)	Shape	Color	Polymer
							polypropylene, polyamide
<i>Macrobrachium rosenbergii</i> ⁶	Thailand	KOH10%	3.09 \pm 2.30 pieces/5 grams of meat weight	<100 – greater than 1000	fiber, fragment	blue, black, red, yellow	polyethylene terephthalate, rayon, polypropylene, nylon, polyamide

Remark: ¹Nan et al., 2020; ²Devriese et al., 2015; ³Pradit et al., 2021; ⁴Hossain et al., 2020; ⁵Daniel et al., 2020; ⁶This study

กิตติกรรมประกาศ

งานนี้ได้สนับสนุนทุนการวิจัยจากสถานวิจัยสมุทรศาสตร์ชายฝั่งและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COCC) และ ทุนบัณฑิตศึกษาคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2565 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และขอขอบคุณ Kivita Chandran, Kasvinraj Murugiah, Hemaadarshini Krebanathan ที่ช่วยเหลือในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

- พันธุทิพย์วิเศษพงษ์พันธ์, อภิญญา ซาติทวิสุข, วชิระ ใจงาม. 2563. การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสัตว์ทะเลที่เป็นอาหาร. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58. doi: 10.14457/KU.res.2020.156
- พรนภา แซ่ลี่, มนพร วงศ์สุนทรชัย, นิตยัตตะยา ผาสุกพันธุ์. 2564. การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรม กรณีศึกษาตลาดประมง จังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 26: 1726–1744.
- Abbasi, S., Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., Hassanaghahi, M. 2018. Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa estuary, Persian Gulf. *Chemosphere* 205: 80–87. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.076
- Arthur, C., Baker, J., Bamford, H. (Eds). 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30. Tacoma, WA, USA.
- Bordbar, L., Kapiris, K., Kalogirou, S., Anastasopoulou, A. 2018. First evidence of ingested plastics by a high commercial shrimp species (*Plesionika narval*) in the Eastern Mediterranean. *Marine Pollut. Bull.* 136: 472–476. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.09.030.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollut. Bull.* 62: 2588–2597. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T.S. 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science and Technology* 47: 6646–6655.
- Costa, H.H., Wanninayaki, T.B. 1986. Food, feeding and fecundity of the giant freshwater prawn *Macrobrachium Rosenbergii* from natural habitats in Sri Lanka. In: Maclean, J.L., Dizon, L.B., Hosillos, L.V. (Eds.). In: First Asian Fisheries Forum. Manila, Philippines, pp. 555–558.
- Daniel, D.B., Ashraf, P.M., Thomas, S.N. 2020. Abundance, characteristics and seasonal variation of microplastics in indian white shrimps (*Fenneropenaeus Indicus*) from coastal waters off Cochin, Kerala, India. *Sci. Total Environ.* 737: 139839. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139839
- Dehaut, A., Cassone, A.-L., Frère, L., et al. 2016. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environ. Pollut.* 215: 223–33. doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.018
- Devriese, L.I., Meulen, M.D. v.d., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont, I., Frère, L., Robbens, J., Vethaak, A.D. 2015. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Marine Pollut. Bull.* 98: 179–187.

- Gasperi, J., Wright, S.L., Dris, R., Collard, F., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., Kelly, F.J., Tassin, B. 2018. Microplastics in air: Are we breathing it in?. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 1: 1–5. doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002
- Gurjar, U.R., Xavier, M., Nayak, B.B., Ramteke, K., Deshmukhe, G., Jaiswar, A.K., Shukla, S.P. 2021. Microplastics in shrimps: A study from the trawling grounds of north eastern part of Arabian sea. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28: 48494–48504. doi.org/10.1007/s11356-021-14121-z
- Hossain, M.S., Rahman, M.S., Uddin, M.N., Sharifuzzaman, S.M., Chowdhury, S.R., Sarker, S., Nawaz Chowdhury, M.S., 2020. Microplastic contamination in penaeid shrimp from the Northern Bay of Bengal. *Chemosphere* 238: 124688. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124688
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347: 768–771.
- Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP). 2016. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: Part 2 of a global assessment. In: Kershaw, P.J., Rochman, C.M., (Eds.). International Maritime Organization. London, UK.
- PlasticsEurope. 2018. *Plastics – The Facts 2018* An analysis of European plastics production, demand and waste data.
- PlasticsEurope. 2019. *PlasticsEurope, 2019. Plastics- The Facts 2019.*
http://FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf (plasticseurope.org)
- Pradit, S., Towatana, P., Nitiratsuwan, T., Jualaong, S., Jirajarus, M., Sornplang, K., Noppradit, P., Darakai, Y. Weerawong, C. 2020. Occurrence of microplastics on beach sediment at Libong, a pristine island in Andaman sea, Thailand. *Science Asia* 46: 336–343. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2020.042
- Pradit, S., Noppradit, P. Goh, B.P., Sornplang, K., Ong, M.C., Towatana, P. 2021. Occurrence of microplastics and trace metals in fish and shrimp from Songkhla lake, Thailand during the covid-19 pandemic. *Applied Ecology and Environmental Research* 19:1085–1106. doi: 10.15666/aeer/1902_10851106
- Moos, V.N., Burkhardt-Holm, P., Kohler, A. 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* after an experimental exposure. *Environmental Science and Technology* 46: 11327–11335.
- Nan, B., Su, L., Kellar, C., Craig, N.J., Keough, M.J., Pettigrove, V. 2020. Identification of microplastics in surface water and Australian freshwater shrimp *Paratya Australiensis* in Victoria, Australia. *Environ. Pollut.* 259: 113865. doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113865
- Schwarz, A.E., Ligthart, T.N., Boukris, E., van Harmelen, T., 2019. Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: A review study. *Marine Pollut. Bull.* 143: 92–100. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.029

- Shruti, V.C., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I., Kutralam-Muniasamy, G. 2020. First study of its kind on the microplastic contamination of soft drinks, cold tea and energy drinks future research and environmental considerations. *Sci. Total Environ.* 726: 138580. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138580.
- Silva, A.L.P., Prata, J.C., Walker, T.R., Campos, D., Duarte, A.C., Soares, A.M.V.M., Barcelò, D., Rocha-Santos, T., 2020. Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Sci. Total Environ.* 742: 140565. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140565
- Smith, M., Love, D.C., Rochman, C.M., Neff, R.A., 2018. Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Food, Health, and the Environment* 5: 375–386. doi.org/ 10.1007/s40572-018-0206-z
- Thetford, D., Chorlton, A.P., Hardman, J. 2003. Synthesis and properties of some polycyclic barbiturate pigments. *Dyes Pigments* 59: 185–191. doi.org/10.1016/S0143-7208(03)00104-9
- Tongnunui, S., Sooksawat, T., Kohkaew, R., Teampanpong, J., Wattanakornsiri, A. 2022. Accumulation of microplastics in the freshwater shrimp, *Macrobrachium lanchesteri*, from Khwae Noi Watershed in Western Thailand. *EnvironmentAsia* 15: 25–37. doi.org/10.14456/ea.2022.45
- Ugwu, K., Herrera, A., Gómez, M. 2021. Microplastics in marine biota: A review. *Marine pollut. Bull.* 169: 112540.
- Van, A., Rochman, C.M., Flores, E.M., Hill, K.L., Vargas, S.A., Hoh, E. 2012. Persistent organic pollutants in plastic marine debris found on beaches in San Diego, California. *Chemosphere* 86: 258–263. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.09.039
- Wang, W., Gao, H., Jin, S., Li, R., Na, G. 2019. The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. *Ecotox. Environmental Safe.* 173: 110–117. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.01.113
- Weinstein, J.E., Crocker, B.K., Gray, A.D. 2016. From macroplastic to microplastic: Degradation of high-density polyethylene, polypropylene, and polystyrene in a salt marsh habitat. *Environ. Toxicol. Chem.* 35: 1632–1640. doi: 10.1002/etc.3432.
- Wright, S.L., Thompsom, R.C., Galloway, T.S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review: *Environ. Pollut.* 178: 483–492. doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031

ความผันแปรเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของคุณภาพตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ปี 2562–2564

Spatial and temporal variations of sediment quality along the coast of Chonburi province
between 2019 and 2021

ศตพร รัตนปริษาชาญ, ชاکกริต เรืองสอน*, นภาพัญญ์ แหวนเพชร

Sataporn Rattanapreechachan, Chakhrit Ruengporn*, Napakhwan Whanpetch

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: ffiscrr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความผันแปรเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของคุณภาพตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ปี 2562–2564 ได้ดำเนินการในเดือนกันยายนและธันวาคม 2562 เดือนพฤษภาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน 2563 และเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม 2564 จำนวน 10 สถานี พบว่า คุณภาพผิวดินตะกอนระดับความลึก 0–1 เซนติเมตร ได้แก่ ปริมาณน้ำในดินตะกอน มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 11.31–79.72 ของน้ำหนักดินตะกอนเปียก องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินตะกอน (เล็กกว่า 63 μm) มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 5.82–94.30 ของน้ำหนักดินตะกอนแห้ง และความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนและซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน มีค่าอยู่ระหว่าง 49.36–979.82 μM และ 87.75–237.90 μM ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ในปัจจุบันของคุณภาพดินตะกอนที่ทำการวิเคราะห์ แสดงแนวโน้มมีค่าสูงบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงถึงอำเภอศรีราชาและลดต่ำลงบริเวณอำเภอสัตหีบ นอกจากนี้ คุณภาพดินตะกอนแสดงแนวโน้มมีค่าลดลงจากปี 2562–2564 ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า คุณภาพดินตะกอนโดยเฉพาะแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนและตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 63 μm มีแนวโน้มที่ดีขึ้นโดยภาพรวมของพื้นที่และตามระยะเวลา

คำสำคัญ: ความผันแปรเชิงเวลา, ความผันแปรเชิงพื้นที่, คุณภาพดินตะกอน, ชลบุรี, ชายฝั่งทะเล

Abstract

The study on spatial and temporal variations of sediment quality at 10 stations along the coast of Chonburi province between 2019 to 2021 was conducted in September and December 2019, May, August and November 2020 and February, May and August 2021. The parameters for sediment quality of surface layer (0–1 cm depth) include: the water content (11.31–79.72 % of wet weight), percentage of grain size smaller than 63 μm (5.82–94.30 % of dry weight), and ammonium-nitrogen and silicate-silicon concentrations in pore water (49.36–979.82 μM and 87.75–237.90 μM , respectively). Almost all parameters show higher values near Bang Pakong River estuary and progressively decrease as in southward stations all the way to Sattahip. In addition, temporal studies show the lowering of sediment quality parameters from 2019 to 2021, especially for the ammonium-nitrogen in pore water and grain size (< 63 μm). Both of which show an improving trend overall for the study area over time.

Keywords: Chonburi, Coast, Sediment quality, Spatial variation, Temporal variation

คำนำ

ชายฝั่งจังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่ภายในอ่าวไทยตอนในรูปตัว ก ทางฝั่งตะวันออก มีการใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น กิจกรรมการท่องเที่ยว การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง การทำประมง นิคมอุตสาหกรรม และการคมนาคมขนส่ง เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การชะล้างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ทั้งที่อยู่ในรูปสารละลายและสารแขวนลอยจากแผ่นดินลงสู่มวลน้ำจนกระทั่งตกตะกอนสะสมสู่พื้นดินตะกอน ประกอบกับ กิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีซึ่งอาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide) ที่มีสาเหตุมาจากธาตุอาหารในมวลน้ำและดินตะกอนมีความเข้มข้นมากเกินกว่าศักยภาพการบำบัดตามธรรมชาติ ทำให้เกิดสภาวะการขาดออกซิเจนในมวลน้ำแบบเฉียบพลัน สร้างความเสียหายต่อทรัพยากรสัตว์น้ำตามธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเป็นบริเวณกว้าง ที่สำคัญที่สุด คือ การทำลายทัศนียภาพการท่องเที่ยว (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2565)

งานศึกษาคุณภาพดินตะกอนในพื้นที่ทะเลอ่าวไทยตอนในที่ผ่านมา พบว่า ดินตะกอนของพื้นที่อ่าวไทยตอนในบริเวณพื้นที่ท้องน้ำโดยทั่วไปมีความอุดมสมบูรณ์ทางสารอินทรีย์ในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมักมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณน้ำในดินตะกอน องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินตะกอน ธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน หรือซัลไฟด์รวมในดินตะกอน และแสดงบทบาทต่อความสมบูรณ์บริเวณพื้นที่ท้องน้ำในเชิงความหนาแน่นและความหลากหลายชนิดของทั้งพืชทะเลและประชากรสัตว์พื้นท้องน้ำ ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินในช่วงกลางฤดูน้ำหลากมีแนวโน้มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยจากในช่วงต้นฤดูน้ำหลาก และยังพบว่า ทรัพยากรพื้นท้องน้ำสะท้อนสถานการณ์คุณภาพน้ำที่แปรเปลี่ยนและการสะสมของสารอินทรีย์ที่มากขึ้นในดินตะกอนพื้นท้องน้ำ สัตว์พื้นท้องน้ำกลุ่มเด่นส่วนใหญ่เป็นไส้เดือนทะเลซึ่งไม่สามารถเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้ ปากแม่น้ำท่าจีนซึ่งเป็นที่มียาระดับมลพิษในรูปของธาตุอาหาร สารอินทรีย์ และซัลไฟด์รวมในดินตะกอนสูงที่สุดพบความหนาแน่นของสัตว์พื้นท้องน้ำต่ำที่สุดและมีชนิดของไส้เดือนทะเลน้อยกว่าปากแม่น้ำอื่น อีกทั้งยังพบเปลือกหอยลายที่ตายแล้ว (มณฑลนิศาฯ และคณะ, 2562; สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2565)

จะเห็นได้ว่า สถานการณ์สิ่งแวดล้อมชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนในรูปตัว ก ทั้งในส่วนคุณภาพน้ำและดินตะกอนมีแนวโน้มการสะสมมลพิษซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลและขยายวงกว้างสู่บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีได้ในอนาคต ประกอบกับดินตะกอนสามารถสะสมมลพิษ อินทรีย์สาร และธาตุอาหาร ดินตะกอนจึงเป็นแหล่งสำคัญที่สามารถปล่อยมลพิษออกสู่มวลน้ำอีกครั้ง (จารุมาศ, 2548; ชาคริต, 2550; Buakaew, 2018) และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในบริเวณนั้น ๆ หรือพื้นที่ใกล้เคียง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเสียหายต่อชายหาดหรือแนวปะการัง ดังนั้น การศึกษาความผันแปรเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของคุณภาพตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ในครั้งนี้ จึงเป็นการเตรียมข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเฝ้าระวัง และอาจนำไปใช้สำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมรวมถึงทรัพยากรชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีให้มีความยั่งยืนต่อไปได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลและตัวอย่างภาคสนามบริเวณอ่าวไทยตอนในรูปตัว ก ฝั่งตะวันออกห่างแนวชายฝั่งจังหวัดชลบุรีประมาณ 3-15 กิโลเมตร ตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกงถึงอำเภอสัตหีบ จำนวน 8 ครั้ง คือ เดือนกันยายนและธันวาคม 2562 เดือนพฤษภาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน 2563 และเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม 2564 จำนวน 10 สถานี ตาม Fig. 1 ซึ่งการศึกษาคุณภาพดินตะกอน ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนด้วยกระบวนการ undisturbed hand corer ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างดินตะกอนโดยนักดำน้ำ (SCUBA diver) ใช้ Acrylic corer sampler ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินตะกอนเพื่อศึกษาคุณภาพดินตะกอน

ชั้นผิวหน้า (0-1 เซนติเมตร) นำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดินตะกอน (Water content) ขนาดอนุภาคดินตะกอน (Grain size) และธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (Pore water nutrient) ประกอบด้วย แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) และซิลิเกต-ซิลิคอน ($\text{Si}(\text{OH})_4 - \text{Si}$) พร้อมทั้งดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอนในห้องปฏิบัติการ ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดินตะกอน ทำโดยการนำดินตะกอนเปียกที่ทราบน้ำหนักด้วยตราชั่ง 4 ตำแหน่ง (หน่วยกรัม) ยี่ห้อ Sartorius มาผ่านกระบวนการทำให้แห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวอย่างดินตะกอนจะแห้งสนิทแล้วจึงนำมาชั่งอีกครั้งเพื่อทราบน้ำหนักดินตะกอนแห้ง ก่อนคำนวณน้ำหนักที่หายไปซึ่งจะคำนวณออกมาเป็นหน่วยร้อยละของน้ำหนักดินตะกอนเปียก (% wet weight)

การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินตะกอน เป็นการประยุกต์ตามวิธีวิเคราะห์ของ Buchanan (1984) โดยนำดินตะกอนเปียกที่ทราบปริมาณน้ำในดินตะกอน (Water content) แล้วมาชั่งน้ำหนัก ละลายดินตะกอนด้วยน้ำประปา (Tap water) พร้อมกรองผ่านตะแกรงร่อนขนาดตา 1,000, 500, 250, 125 และ 63 ไมโครเมตร กรองดินตะกอนจากตะแกรงร่อนผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 2 ที่ทราบน้ำหนักแห้งแล้ว เพื่อจำแนกองค์ประกอบตามขนาดอนุภาคดินตะกอน ทำให้แห้งด้วยตู้อบความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้งสนิท จากนั้นจึงนำกระดาษกรองพร้อมดินตะกอนที่ผ่านการอบจนแห้งสนิทแล้วเก็บในตู้ดูดความชื้นจนกระทั่งอุณหภูมิลดลงสู่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ซึ่งสามารถคำนวณสัดส่วนของอนุภาคดินตะกอนขนาดต่าง ๆ เป็นร้อยละของน้ำหนักดินตะกอนแห้ง (% dry weight)

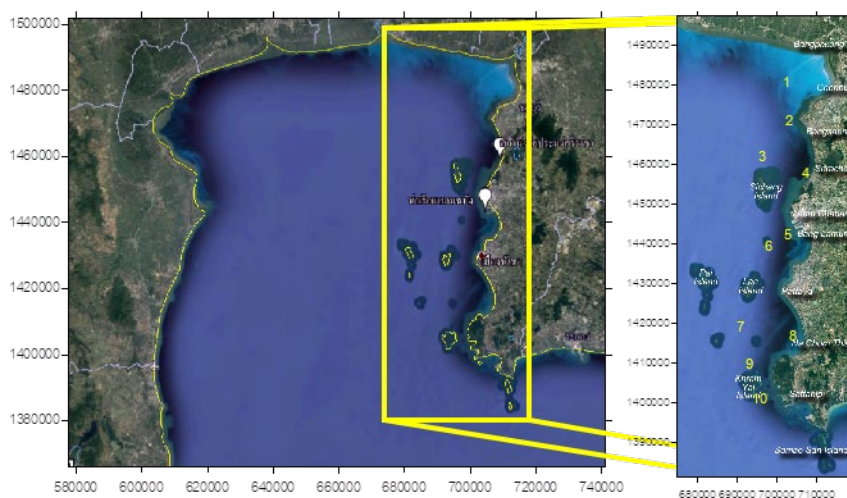


Fig. 1 Maps of study area and stations

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน ทำโดยนำดินตะกอนเปียกมาชั่งปริมาณที่ทราบน้ำหนักใส่ลงใน Vial tube จากนั้นสกัดด้วยน้ำ DI (Deionized water) ที่ทราบปริมาตรใน Vial tube นำไป Centrifuge ที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้เกิดการตกตะกอน (กรณีที่มีตัวอย่างดินตะกอนเปียกมากพอ สามารถนำไปปั่นแยกเพื่อให้ได้ Supernatant water ได้ทันที) จากนั้นจึงแยกสารละลายที่เรียกว่า Supernatant water เหนือตะกอนด้วย Micropipette กรอง Supernatant water ผ่านกระดาษกรอง Nuclepore ก่อนเก็บ Supernatant water ใส่ Plastic vial tube และวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) และซิลิเกต-ซิลิคอน ($\text{Si}(\text{OH})_4 - \text{Si}$) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารอัตโนมัติของ Bran+Luebbe รุ่น TRAACS 2000 Continuous-Flow Analyzer

การวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสำรวจในภาคสนามและการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (Primary data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) จากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (2565) นำมาแสดงในรูปแบบตารางและรูปภาพเพื่อใช้ในการอภิปรายผลในเชิงสถิติพรรณนา (Descriptive statistics) ซึ่งการวิเคราะห์ทางสถิติ จะทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินตะกอนโดยเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) โดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ 2 มิติ (Two-dimensional correlation)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาความผันแปรเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของคุณภาพตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ปี 2562–2564 ครั้งนี้ คณะผู้วิจัย พบว่า คุณภาพผิวดินตะกอนระดับความลึก 0–1 เซนติเมตร ได้แก่ ปริมาณน้ำในดินตะกอน มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 11.31–79.72 ของน้ำหนักดินตะกอนเปียก โดยพบค่าต่ำสุดและสูงสุด ณ สถานีที่ 7 ในเดือนกันยายน 2562 และสถานีที่ 2 ในเดือนพฤษภาคม 2564 ตามลำดับ (Fig. 2A) องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินตะกอน (ขนาดเล็กกว่า 63 μm) มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 5.82–94.30 ของน้ำหนักดินตะกอนแห้ง โดยพบค่าต่ำสุดและสูงสุด ณ สถานีที่ 9 ในเดือนสิงหาคม 2564 และสถานีที่ 1 ในเดือนพฤศจิกายน 2563 ตามลำดับ (Fig. 2B) โดยที่องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินตะกอนขนาดใหญ่กว่า 1000, 500–1000, 250–500, 125–250, 63–125 และเล็กกว่า 63 μm มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.00–46.89, 0.00–34.76, 0.00–47.09, 0.71–36.25, 0.00–49.46 และ 5.82–94.30 ของน้ำหนักดินตะกอนแห้ง ตามลำดับ (Fig. 3) ความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน มีค่าอยู่ระหว่าง 49.36–979.82 μM โดยพบค่าต่ำสุดและสูงสุด ณ สถานีที่ 10 ในเดือนธันวาคม 2562 และสถานีที่ 2 ในเดือนพฤษภาคม 2563 ตามลำดับ (Fig. 2C) และความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน มีค่าอยู่ระหว่าง 87.75–237.90 μM โดยพบค่าต่ำสุดและสูงสุด ณ สถานีที่ 9 ในเดือนสิงหาคม 2564 และสถานีที่ 2 ในเดือนพฤษภาคม 2563 ตามลำดับ (Fig. 2D)

เมื่อพิจารณาภาพรวมการแพร่กระจายของคุณภาพดินตะกอนทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลาตาม Fig. 1 และ Fig. 2 จะเห็นได้ว่า ในเชิงพื้นที่ ปริมาณและความเข้มข้นของทุกปัจจัยจะมีการแพร่กระจายจากความเข้มข้นสูงบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง (Bangpakong river mouth) หาดบางแสน (Bangsaen) หาดศรีราชา (Sriracha) และเกาะสีชัง (Sichang Island) (สถานีที่ 1, 2, 4 และ 3 ตามลำดับ) สู่ความเข้มข้นต่ำบริเวณเกาะไผ่ (Pai Island) เกาะล้าน (Lan Island) เกาะครามใหญ่ (Kham Yai Island) และชายฝั่งสัตหีบ (Sattahip) (สถานีที่ 7, 9 และ 10 ตามลำดับ) ยกเว้นบริเวณด้านล่างในทิศใต้ของหาดนาจอมเทียน (Na Chom Thian) คือ สถานีที่ 8 ซึ่งมีแนวโน้มเป็นแหล่งสะสมของดินตะกอนคล้ายบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงเช่นเดียวกัน แต่ยังคงแสดงให้เห็นปริมาณและความเข้มข้นของปัจจัยคุณภาพดินตะกอนที่มีค่าต่ำกว่าบริเวณปากแม่น้ำ ประกอบกับการพิจารณา Fig. 3A และ Fig. 3B ที่แสดงองค์ประกอบของขนาดอนุภาคและลักษณะของดินตะกอน พบว่า สถานีที่ 1, 2, 3, 4 และ 8 มีลักษณะเป็นเลนละเอียดสีเทา-ดำ องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินตะกอนส่วนใหญ่ขนาด 63–125 และเล็กกว่า 63 μm มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 20–40 และ 40–90 ของน้ำหนักดินตะกอนแห้งโดยประมาณ ตามลำดับ ขณะที่สถานีที่ 7, 9 และ 10 มีลักษณะเป็นทรายค่อนข้างหยาบ-หยาบมาก องค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินตะกอนส่วนใหญ่จะเป็นขนาดใหญ่กว่า 1000, 500–1000, 250–500 และ 125–250 μm มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 20–40 ของน้ำหนักดินตะกอนแห้งโดยประมาณ ส่วนสถานี 5 ซึ่งอยู่บริเวณทิศใต้ของแหลมฉบัง (Leam Chabang) มีลักษณะเป็นเลนปนทรายค่อนข้างละเอียดและซากเปลือกหอยขนาดเล็ก และสถานีที่ 6 อยู่ทางทิศตะวันตกจากหาดบางละมุง ดินตะกอนเป็นเลนสีเทาดำปนซากเปลือกหอยขนาดใหญ่ จึงมีความแตกต่างจากสถานีส่วนใหญ่อื่น ๆ



Fig. 2 Sediment and pore water properties: water content (A); < 63 μm of grain size (B); Ammonium-nitrogen (C); and Silicate-silicon (D)

สัดส่วนองค์ประกอบของขนาดอนุภาคดินตะกอนที่ต่างกันระหว่างพื้นที่ชายฝั่งทะเลนี้ เป็นลักษณะทางกายภาพที่มักได้รับอิทธิพลจากคุณภาพน้ำและลักษณะทางสัณฐานวิทยา เช่น ความลึกของพื้นที่ท้องน้ำ ระยะทางจากปากแม่น้ำ ปริมาณน้ำท่า และกระแสน้ำซึ่งผันแปรไปตามฤดูกาล (จารูมาศ, 2548; ชาคริต, 2550) ทั้งนี้ หากได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์เข้ามาเป็นปัจจัยร่วม อาจส่งผลให้สัณฐานวิทยาซึ่งรวมถึงคุณภาพของดินตะกอนเปลี่ยนแปลงจน

กระทบสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ในระบบนิเวศพื้นท้องน้ำได้ (Ruengsom et al., 2015: ชาคริต, 2562) ด้วยเหตุนี้ Fig. 2 แสดงความแปรปรวนของคุณภาพดินตะกอนในฤดูกาลเดียวกัน เช่น เดือนพฤษภาคม (ต้นฤดูน้ำหลาก) และสิงหาคม (กลางฤดูน้ำหลาก) ระหว่างปี 2563 และ 2564 พบความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและซิลิเกต-ซิลิคอนมีแนวโน้มลดลงทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา และเมื่อพิจารณา Fig. 4 ประกอบ จะเห็นได้ว่า อนุภาคดินตะกอนในเดือนพฤษภาคมและสิงหาคมขนาด 125–250 μm มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ขนาดเล็กลงกว่า 63 μm มีแนวโน้มลดลงจากปี 2562 ถึงปี 2564 จึงเป็นไปได้ว่า สัดส่วนการตกตะกอนของอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่มีอัตราการลดลงชี้ให้เห็นว่า ตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กในน้ำทะเลที่พร้อมจะตกลงสู่พื้นทะเลอาจมีปริมาณลดลง จึงทำให้สัดส่วนของอนุภาคขนาดใหญ่กว่าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งกรณีนี้อาจเกี่ยวข้องกับสถานการณ์การท่องเที่ยวทางทะเลที่ลดลงจากสภาวะโรค COVID-19 โดยพิจารณาจากข้อมูลนักท่องเที่ยวของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา (2565) พบว่า ในปี 2562, 2563 และ 2564 มีนักท่องเที่ยวอยู่ระหว่าง 1.252–1.783, 0.010–0.964 และ 0.025–0.160 ล้านคน มีอัตราการลดลงระหว่างจำนวนนักท่องเที่ยวสูงสุดและต่ำที่สุดตั้งแต่ปี 2562–2564 คิดเป็นร้อยละ 99.20 ของจำนวนนักท่องเที่ยวรวมสูงสุดในปี 2562 ก่อนเกิดสถานการณ์โรค COVID-19 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 (ภูเก็ต) (2565) ที่พบว่า ความถี่ของการพบความเข้มข้นระดับสูงของธาตุอาหารในน้ำทะเลทั้งไนเตรทและฟอสเฟตมีแนวโน้มลดลงจากปี 2560–2562 สู่ปี 2563–2564 ตั้งแต่เกิดสถานการณ์โรค COVID-19

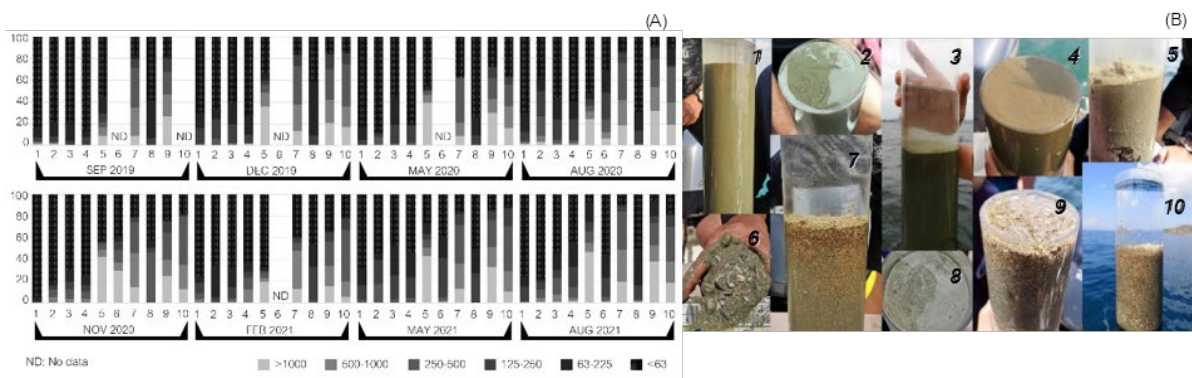


Fig. 3 Composition of grain size (A); and characteristics of sediment samples (B)

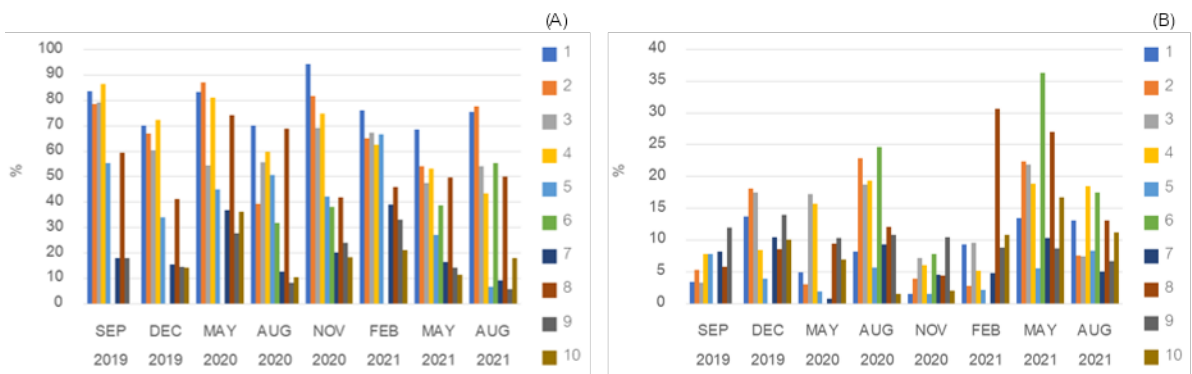


Fig. 4 Grain size of sediment: < 63 μm (A); 125-250 μm (B)

ความผันแปรในเชิงเวลาจากสถานการณ์โรค COVID-19 ข้างต้นจนเป็นผลให้การใช้จ่ายชนทางทะเลด้านการท่องเที่ยวลดลง ส่งผลดีต่อการบำบัดคุณภาพดินตะกอนโดยเฉพาะธาตุอาหารจำพวกแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เพราะหากระบบดินตะกอนไม่ได้รับระยะเวลาพักฟื้นเพื่อบำบัดตัวเอง ธาตุอาหาร

ดังกล่าวจะมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชทะเล เนื่องจากตามธรรมชาติ ธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนจะมีความเข้มข้นสูงกว่ามวลน้ำประมาณ 100 เท่า สามารถปลดปล่อยจากดินตะกอนสู่มวลน้ำและอาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide) โดยเฉพาะซิลิเกต-ซิลิคอนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างเปลือกของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม (จารุมาศ, 2548; เศษฐพงษ์, 2558) ซึ่งจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนชั้น 0-1 เซนติเมตร และความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำทะเลระดับพื้นท้องน้ำจากชุดข้อมูลทุติยภูมิของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (2565) ดังแสดงใน Fig. 5 พบว่า มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ($R^2 = 0.5385$) กล่าวคือ ความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนแสดงแนวโน้มที่มีความเข้มข้นสูงและมีโอกาสปลดปล่อยจากดินตะกอนสู่มวลน้ำบริเวณพื้นท้องน้ำ โดยมีช่วงสัดส่วนความเข้มข้นระหว่างดินตะกอนต่อมวลน้ำ เท่ากับ $87.75\text{--}237.90 \mu\text{M}$: $0.78\text{--}24.64 \mu\text{M}$ หรือความเข้มข้นในดินตะกอนมีค่ามากกว่าในมวลน้ำสูงถึง 9.1–112.5 เท่า

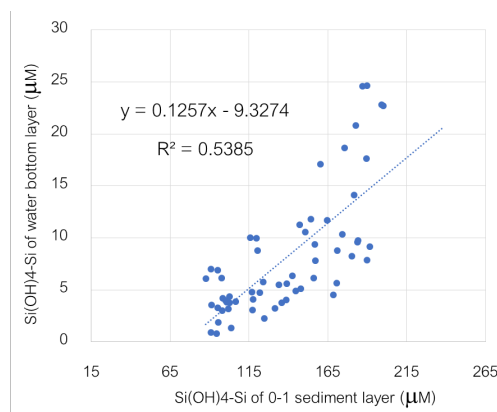


Fig. 5 Correlation between silicate-silicon concentration of in bottom waters and pore water in 0–1 cm sediment depth

อย่างไรก็ตาม ความสมดุลของระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่กับความต้องการของพืชแต่ละชนิดนั้นก็เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาคู่กันไป กรณีที่พืชขาดธาตุอาหารจะเป็นระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในระดับขาดวงการเติบโตของพืช (Deficient concentration) ในทางตรงกันข้าม หากความเข้มข้นของธาตุอาหารมีมากจนถึงระดับเป็นพิษ (Toxic concentration) การเติบโตของพืชก็จะลดลงหรืออาจทำให้พืชตายในที่สุด (Reuter and Robinson, 1986; ลิลลี่และคณะ, 2552; ชาคริต, 2550) อีกกรณีหนึ่งในสภาวะความเข้มข้นสูงของธาตุอาหารในระบบนิเวศชายฝั่ง พบว่า พืชทะเลเสื่อมโทรมเกิดจากการขยายตัวของแหล่งชุมชน การเกษตร และอุตสาหกรรมซึ่งปลดปล่อยธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของของเสียปริมาณมากลงสู่ชายฝั่ง จนกระทั่งสิ่งแวดล้อมชายฝั่งอยู่ในสภาวะ Eutrophication หรือในทางตรงข้าม อาจส่งผลให้แพลงก์ตอนพืช สาหร่าย และอีพีไฟต์เกิดการสะสมเพิ่มขึ้น (Hauxwell et al., 2003) เนื่องจากผู้ผลิตขั้นต้นเหล่านี้ สามารถนำธาตุอาหารที่อยู่ในรูปสารละลายในมวลน้ำไปใช้ได้อย่างรวดเร็วและขยายจำนวนจนเกินสมดุล อีกทั้ง ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินตะกอนที่สูงมากอาจก่อให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนในดินตะกอนซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตพื้นท้องน้ำ (จารุมาศ, 2548; Buakaew, 2018)

สรุป

ปัจจัยของคุณภาพดินตะกอนที่ทำกรวิเคราะห์แสดงแนวโน้มมีค่าสูงบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงถึงอำเภอศรีราชาและลดต่ำลงบริเวณอำเภอสัตหีบในเชิงพื้นที่ ส่วนในเชิงเวลา คุณภาพดินตะกอนแสดงแนวโน้มมีค่าลดลงจากปี

2562–2564 ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า คุณภาพดินตะกอนโดยเฉพาะแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนและตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 63 μm มีแนวโน้มที่ดีขึ้นโดยภาพรวมของพื้นที่และตามระยะเวลา ทั้งนี้ อาจเป็นผลสืบเนื่องจากการพักฟื้นของชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ภายใต้สถานการณ์ COVID-19 จึงส่งผลให้คุณภาพดินตะกอนมีแนวโน้มบำบัดตัวเองให้เป็นไปในทิศทางที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีและสามารถดำเนินการภายใต้โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางสมุทรศาสตร์และระบบเตือนภัยล่วงหน้าบริเวณอ่าวไทยระยะที่ 2 และ 3 สนับสนุนโดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ ในความร่วมมือและการให้ความช่วยเหลือของคณาจารย์และนิสิตผู้ร่วมโครงการฯ ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและที่ปรึกษาร่วมสำหรับการให้ความรู้ คำปรึกษา และข้อปรับปรุงต่าง ๆ และนอกเหนือสิ่งอื่นใด คือ เหล่าบุคคลผู้ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจให้ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการศึกษา จึงขอขอบคุณ คุณอมลวรรณ อ่วมงามทรัพย์ และเพื่อนพี่น้องนิสิตของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2548. ดินตะกอน. ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. 2565. สถานการณ์การท่องเที่ยวในประเทศไทยรายจังหวัด ปี 2564. <https://www.mots.go.th/news/category/630>, 12 ธันวาคม 2565.
- ชาคริต เรืองสอน. 2550. การศึกษาคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่เหมาะสมต่อความอุดมสมบูรณ์ของหญ้าทะเลในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชาคริต เรืองสอน, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. 2562. ผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาฝั่งแห่งของพื้นที่ทะเลภายในระบบนิเวศหญ้าทะเลบริเวณหาดเนินซ้อ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา, หน้า 1038–1049.
- เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. 2558. สรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนพืชทะเล. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มณฑินาศ ศรีสมวงศ์, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, นภาพัญญ์ แหวนเพชร, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, ชาคริต เรืองสอน ทรงเผ่า สมัชชานนท์, ธัญชนก จินดาศรี. 2562. สถานการณ์คุณภาพดินตะกอนและการผลิตทรัพยากรพื้นที่อ่าวไทยตอนใน. ใน: รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการแผนวิจัยการพัฒนานโยบายการจัดการประมงอย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานระบบนิเวศ-สังคม ภายใต้ธรรมาภิบาลที่ดีเพื่อความยั่งยืนทางการประมงในพื้นที่อ่าวไทยตอนใน. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ลิลลี่ กาวีตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์, สุรียา ตันติวิวัฒน์. 2552. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ. 2565. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาแบบจำลองทางสมุทรศาสตร์และระบบเตือนภัยล่วงหน้าบริเวณอ่าวไทยระยะที่ 3. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษภาคที่ 15 (ภูเก็ต). 2565. รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมภาคใต้ฝั่งตะวันตก ปี 2564 จังหวัดภูเก็ต พังงา กระบี่ ตรัง และระนอง. กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ

Buakaew, K., Meksumpun, C., Meksumpun, S., Ruengsorn, C., Thaipichitburapa, P., Sangmek, P. 2018.

Changes of chlorophyll *a* in an intertidal Bangtaboon estuary in relation to tidal driven salinity and nutrients. *J. Fish. Environ.* 42: 53–65.

Buchanan, J.B. 1984. Sediment analysis. In: Holme, N.A., McIntyre, A.D. (Eds.). *Methods of Study of Marine Benthos*, 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp. 41–65.

Hauxwell, J., Cebrian, J., Valiela, I. 2003. Eelgrass *Zostera marina* loss in temperate estuaries: Relationship to land derived nitrogen loads and effect of light limitation imposed by algae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 247: 59–73.

Reuter, D.J., Robinson, J.B. 1986. *Plant Analysis: An Interpretation Manual*. Inkata Press. Melbourne, Australia.

Ruengsorn, C., Meksumpun, S., Ichimi, K., Yamaguchi, H., Tada, K. 2015. Development of mapping techniques for small seagrass meadows: A case study of *Zostera marina* and *Halodule pinifolia*. *Plankton Benthos Res.* 10: 81–90.

การศึกษาเบื้องต้นด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูขาว (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) ประชากรรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 ที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อดิน

A preliminary study on growth performance of mud crab (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) in generation 1 and 2 from grow-out ponds

ชลดา ลีอรั่ม*, รุ่งทิวา คนสันทัด, วาสนา อากรรัตน์, วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม

Chonlada Leearam*, Rungtiwa Konsantad, Wasana Arkronrat, Vutthichai Oniam

สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจวบคีรีขันธ์ 77000

Klongwan Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Prachuap Khiri Khan 77000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: Cld.leearam.77180@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูขาว (*Scylla paramamosain*) ได้แก่ ความกว้างกระดอง ความยาวกระดอง และน้ำหนักตัว ระหว่างประชากรรุ่นที่ 1 (F1) และประชากรรุ่นที่ 2 (F2) ที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อดินขนาด 1 ไร่ ที่ระยะเวลาเลี้ยง 180 วัน ผลการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตของปูทั้งสองกลุ่มประชากรเริ่มมีความแตกต่างกันที่ระยะเวลาเลี้ยง 120 วัน โดยปูประชากร F2 มีความยาวกระดองน้อยกว่าปูประชากร F1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และที่ระยะเวลาเลี้ยง 150 วันเป็นต้นไป การเจริญเติบโตของปูประชากร F2 จะด้อยลงอย่างชัดเจน โดยพบว่าความกว้างกระดองและน้ำหนักตัวของปูประชากร F1 มีมากกว่าปูของประชากร F2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้ คุณภาพน้ำของการศึกษาปัจจุบันนี้อยู่ที่ระดับไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปูขาว ดังนั้น การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การนำปูขาวมาเลี้ยงในสภาพการเพาะเลี้ยงต่อเนื่องหลายชั่วอายุ (domestication) มีความจำเป็น แต่ต้องมีการบริหารจัดการการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปูขาวเพื่อให้ได้ประชากรชั่วอายุต่อไปมีคุณภาพที่ดีขึ้น

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต, การเลี้ยง, ปูทะเล (*Scylla paramamosain*)

Abstract

This study aimed were to compare the growth performances (carapace width, carapace length, and body weight) of mud crab, *Scylla paramamosain* between generation 1 (F1) and 2 (F2) of crabs. Both generations of crab were rearing in a 1,600 m² grow-out ponds for 180 days. The results showed that the growth of both generations was different at 120 days of rearing period, F2 had a lower carapace length ($p < 0.05$) than F1. At 150 days of rearing period onwards, the growth of F2 crabs was found to be obviously deteriorated because F1 crabs had higher carapace width and body weight than F2 crabs ($p < 0.05$). The current's study's water qualities did not affect this crab species' growth. Therefore, this study inferred that the cultivation of domesticated mud crabs is important, but the management of crab broodstock culture is needed to get a better quality of the next generation.

Keywords: Grow-out ponds, Growth, Mud crab (*Scylla paramamosain*)

คำนำ

ปูทะเล (*Scylla spp.*) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อธุรกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของหลายประเทศ ในแถบภูมิภาคอินโด-แปซิฟิก (สัมพันธ์ และคณะ, 2561; Liew et al., 2022) เนื่องจากมีความต้องการของตลาดสูงจึงมีการเพาะเลี้ยงปูทะเลอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะประเทศจีนที่มีอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงปูทะเลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ได้ผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสูงถึง 138,000 ตันต่อปี (Farhadi et al., 2021; Bian et al., 2022) สำหรับประเทศไทยมีการเลี้ยงปูทะเลตลอดแนวชายฝั่งทะเลทั้งฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัด ชุมพร ระนอง ตรัง สตูล พังงา ตรวดี จันทบุรี สมุทรปราการ และสมุทรสงคราม เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงปูทะเลนับเป็นธุรกิจเชิงพาณิชย์ที่มีศักยภาพสูง (ภัทราวดี และคณะ, 2562ก) ในปัจจุบันการเลี้ยงปูทะเลมีหลายรูปแบบ เช่น การเลี้ยงปูขนาดเล็กให้มีขนาดใหญ่ การเลี้ยงเพื่อผลผลิตเป็นปูนิ่ม การเลี้ยงขุนปูทะเลเป็นปูเนื้อแน่นมีน้ำหนัก และการเลี้ยงขุนปูให้เป็นปูไซ้ (วุฒิชัย และคณะ, 2561)

ประเทศไทยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงปูทะเล ทั้งการพัฒนารูปแบบวิธีการเพาะพันธุ์ การอนุบาล และการเลี้ยงมาอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนมีการพัฒนาการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินเพื่อใช้ประโยชน์เป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อการผลิตลูกพันธุ์ (Oniam et al., 2021) อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการจัดการที่ไม่ดี คุณภาพของพ่อแม่พันธุ์รุ่นต่อไปส่วนใหญ่จะมีคุณภาพด้อยลงกว่ารุ่นแรกๆ เพื่อให้ได้ผลผลิต และอัตราการรอดตายที่สูงขึ้น ดังนั้นการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์หรือคุณภาพของพ่อแม่พันธุ์ก็เป็นปัจจัยสำคัญในการนำมาซึ่งลูกพันธุ์ที่ดี (วุฒิชัย และวาสนา, 2558) เกษตรกรให้ความสำคัญและสนใจปูทะเลที่มีศักยภาพด้านการเลี้ยงสูง คือ ปูขาว (*Scylla paramamosain*) ซึ่งมีความเหมาะสมกับการเลี้ยงในบ่อดิน โตเร็ว ตัวใหญ่ ตลาดต้องการ แต่การผลิตลูกพันธุ์ปูให้ได้ปริมาณมาก ยังทำได้ยาก เนื่องจากส่วนใหญ่แม่ปูที่จับได้นั้นมาจากธรรมชาติ แทบทั้งสิ้น และแม่ปูไซ้ในอกระดองที่มีคุณภาพต่ำ ปล่อยไข่ได้น้อย มีอัตราการฟักเป็นตัวต่ำ และลูกปูระยะชูเชือกที่ได้ไม่แข็งแรงมีอัตราการรอดต่ำ (ปริศนา และคณะ, 2560) ดังนั้น การพัฒนาการเลี้ยงปูขาวในบ่อดินเพื่อให้ผลิตจากบ่อเลี้ยงมาทดแทนผลผลิตจากธรรมชาติจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ควรดำเนินการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง และตอบสนองต่อความต้องการของตลาดผู้บริโภคต่อไป (วราภรณ์ และคณะ, 2550) ซึ่งเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าการนำสัตว์มาเลี้ยงในสภาพการเพาะเลี้ยงต่อเนื่องหลายชั่วอายุ (domestication) จะมีผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงพันธุกรรม และในที่สุดจะทำให้สัตว์มีลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพการเลี้ยงโดยมนุษย์ เช่น ยอมรับอาหารสำเร็จรูป ลดความก้าวร้าว เจริญเติบโตดี และเจริญพันธุ์ได้ดีในที่กักขัง เป็นต้น (อุทัยรัตน์ และวงศ์ปฐม, 2551) ดังนั้น การที่จะเลี้ยงปูขาวให้เกิดผลสัมฤทธิ์ และสามารถผลิตแบบมวลรวม (mass production) ได้ นั้น จำเป็นต้องมีพันธุ์ที่ผ่านการ domestication มาแล้วเช่นกัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูขาว ที่เกิดจากประชากรรุ่นที่ 1 (F1) และประชากรรุ่นที่ 2 (F2) จากการเลี้ยงในบ่อดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐานและหาแนวทางในการพัฒนาการผลิตปูขาวที่ผ่านกระบวนการ domestication ที่มีคุณภาพจากบ่อเลี้ยงต่อไป

วิธีการ

การวางแผนการทดลอง

แบ่งชุดการทดลองออกเป็นสองชุดการทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของการเลี้ยงปูทะเล (*Scylla paramamosain*) ระหว่างประชากร F1 และ F2 ที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อดิน โดยใช้ตัวอย่างปูในแต่ละประชากรจำนวน 20 ตัว ($n = 20$) เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตระหว่างการเลี้ยงในแต่ละเดือน รวมระยะเวลาการเลี้ยงนาน 180 วัน

การเตรียมบ่อดินสำหรับเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปูทะเล

เตรียมบ่อดินขนาด 1,600 ตารางเมตร (1 ไร่) ตามหลักการเตรียมบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไปด้วยการลอกเลน ไรยปูนขาว และตากบ่อประมาณ 1 สัปดาห์ จากนั้นเติมน้ำเค็มความเค็ม 28–33 ppt ให้ได้ระดับน้ำลึกประมาณ 1.2–1.5 เมตร ภายในบ่อติดตั้งเครื่องเติมอากาศแบบใบพัดตีน้ำจำนวน 1 แขน (8 ใบพัด) นอกจากนี้ บริเวณคันบ่อดินจะนำแผ่นกระเบื้องมาติดกันให้ทั่วรอบบ่อ เพื่อป้องกันไม่ให้ปูทะเลหนีออกจากบ่อเลี้ยง

การเตรียมพ่อแม่พันธุ์ปูทะเลประชากรธรรมชาติ (F0)

รวบรวมพันธุ์ปูขาว หรือปูทะเลสกุล *S. paramamosian* (การคัดแยกสายพันธุ์ชนิดของปูทะเลตามวิธีของ Shellet and Lovatelli, 2011) จากการจับจากธรรมชาติโดยชาวประมงวางลอบปูทะเลในบริเวณปากน้ำชุมพร ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองชุมพร จังหวัดชุมพร มาเลี้ยงในบ่อดินขนาด 1 ไร่ ณ สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ ตำบลคลองวาฬ อำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 1 บ่อ โดยปล่อยปูขนาดประมาณ 30–50 กรัม (ขนาดความกว้างกระดองเฉลี่ย 6.5 ± 0.6 เซนติเมตร ความยาวกระดองเฉลี่ย 4.4 ± 0.4 เซนติเมตร และน้ำหนักตัวเฉลี่ย 49.8 ± 12.6 กรัม) ที่อัตรา 800 ตัว/ไร่ เลี้ยงปูในบ่อด้วยปลาเบ็ดสด (ปลาข้างเหลือง *Selaroides leptolepis* ปลาหลังเขียว *Sardinella* spp. ปลาแบน *Secutor* spp. และอื่น ๆ) วันละ 1 มื้อ ที่อัตราการให้อาหารประมาณ 5%/น้ำหนักตัว/วัน เพื่อผลิตแม่พันธุ์ปูทะเล ไซนออกกระดองประชากร F0 ในบ่อดิน

การเพาะฟักแม่ปูทะเลที่มีไข่แก่นอกกระดอง

นำแม่ปูทะเลประชากร F0 ที่มีไข่แก่นอกกระดองสีเทาดำที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อดินมาเพาะฟักในถังไฟเบอร์ ขนาด 500 ลิตร ปล่อยแม่ปู 1 ตัว/ถัง ที่ปริมาตรน้ำ 400 ลิตร ความเค็ม 30 ppt เมื่อลูกปูฟักออกเป็นตัวแยกแม่ปูออกจากนั้นย้ายลูกปูไปอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาด $1.5 \times 2.0 \times 1.2$ เมตร ที่ปริมาตรน้ำ 3 ตัน อัตราความหนาแน่นของลูกปูประมาณ 100,000 ตัว/น้ำ 1 ตัน ความเค็ม 30 ppt อนุบาลลูกปูระยะซูเอีย 1-ซูเอีย 2 ด้วยโรติเฟอร์ (*Brachionus rotundiformis*) ระยะซูเอีย 3-ซูเอีย 5 อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟัก (*Artemia* sp.) ระยะเมกาโลปาอนุบาลด้วยอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยจนเข้าสู่ระยะ crab และอนุบาลต่อจนมีขนาดความกว้างกระดองประมาณ 0.5 เซนติเมตร (ระยะ crab 2) จึงนำลูกปูปล่อยเลี้ยงในบ่อดินที่อัตรา 800 ตัว/ไร่ เลี้ยงปูในบ่อด้วยปลาเบ็ดวันละ 1 มื้อ ที่อัตราการให้อาหารประมาณ 5%/น้ำหนักตัว/วัน เพื่อผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลไซนออกกระดองประชากร F1 ในบ่อดิน และนำแม่ปูประชากร F1 ที่มีไข่แก่นอกกระดองมาดำเนินการเพาะฟักตามวิธีการดังกล่าวมานี้ เพื่อผลิตลูกพันธุ์ปูประชากร F2 ต่อไป

การดำเนินการทดลอง

ศึกษาและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของการเลี้ยงปูทะเลประชากร F1 และ F2 ระหว่างการเลี้ยงในบ่อดินโดยสุ่มซึ่งวัดการเจริญเติบโตของปูที่เลี้ยงทุก 30 วัน ด้วยการวางลอบพับดักปู นำปูที่จับขึ้นมาได้วัดความกว้างของกระดอง (carapace width) และความยาวของกระดอง (carapace length) โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ และชั่งน้ำหนักตัวปู (body weight) ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 1 ตำแหน่ง

นอกจากนี้ ระหว่างการเลี้ยงจะเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละหนึ่งครั้งประมาณ 30–50% ตามอายุการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น และตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำสัปดาห์ละสองครั้ง ดังนี้ ความเค็มของน้ำวัดด้วย salinity refractometer ยี่ห้อ Primatech ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และอุณหภูมิของน้ำวัดด้วย DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 550A ความเป็นกรดต่าง (pH) วัดด้วย pH meter ยี่ห้อ Cyber Scan pH 11 จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำประมาณ 200 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกมาวิเคราะห์

หาปริมาณแอมโมเนียรวมด้วยวิธี indophenol blue method ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี colorimetric method และค่าความเป็นด่างด้วยวิธี titration method ตามหลักการของ APHA AWWA and WEF (2017)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเพื่อหาความแตกต่างของข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (ความกว้างของกระดอง ความยาวของกระดอง น้ำหนักตัวปู) และปัจจัยแวดล้อม (คุณภาพน้ำ) ด้วยวิธี Independent sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์และประมวลผลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics for Windows (version 21.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA)

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของปูขาว (*S. paramamosian*) ประชากร F1 และ F2

การเจริญเติบโตด้านความกว้างกระดอง (CW) ความยาวกระดอง (CL) และน้ำหนักตัว (BW) ของปูประชากร F1 และ F2 ที่เลี้ยงในบ่อดินขนาด 1,600 ตารางเมตร แสดงไว้ดัง Table 1 และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปูทั้งสองประชากรพบว่า ปูประชากร F2 เริ่มจะมีลักษณะด้อยลงที่อายุการเลี้ยง 120 วัน (ด้านความยาวกระดอง) เมื่อเทียบกับปูประชากร F1 ปูประชากร F1 มีการเจริญเติบโตด้านความกว้างกระดองและน้ำหนักตัวที่ดีกว่าปูประชากร F2 ($p < 0.05$) ที่ระยะเวลาการเลี้ยง 150 วันขึ้นไป (Fig. 1)

คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำจึงมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำสัปดาห์ละสองครั้งจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง พบว่า คุณภาพน้ำเฉลี่ยแต่ละพารามิเตอร์ ได้แก่ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณไนโตรเจน จากการเลี้ยงปูทั้งสองประชากรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ที่อายุการเลี้ยง 180 วัน ค่าเฉลี่ยความเป็นด่างในบ่อดินของปูประชากร F1 สูงกว่าการเลี้ยงปูประชากร F2 ($p < 0.05$) (Table 2)

Table 1 Carapace width (CW), carapace length (CL) and body weight (BW) of mud crab (*Scylla paramamosain*) in domesticated F1 and F2 crabs reared in grow-out pond at 180 days (mean±SD)

Time of culture	1 st generations crab (F1)			2 nd generations crab (F2)		
	CW (cm)	CL (cm)	BW (g)	CW (cm)	CL (cm)	BW (g)
initial	1.8±0.2 ^a	1.0±0.1 ^a	0.6±0.3 ^a	1.8±0.1 ^a	1.0±0.2 ^a	0.6±0.5 ^a
30 days	5.6±0.2 ^a	3.6±0.1 ^a	31.3±4.5 ^a	5.6±0.2 ^a	3.6±0.1 ^a	32.0±5.1 ^a
60 days	6.4±0.5 ^a	4.5±0.3 ^a	49.1±10.7 ^a	6.4±0.5 ^a	4.5±0.3 ^a	48.8±10.5 ^a
90 days	7.0±0.5 ^a	5.0±0.5 ^a	68.0±13.1 ^a	7.0±0.5 ^a	5.1±0.6 ^a	69.0±8.1 ^a
120 days	8.4±0.5 ^a	5.8±0.3 ^a	131.4±25.7 ^a	8.3±0.6 ^a	5.6±0.3 ^b	120.5±23.4 ^a
150 days	9.4±1.1 ^a	6.5±0.8 ^a	199.3±68.0 ^a	8.9±1.2 ^b	6.2±0.7 ^a	157.5±59.4 ^b
180 days	10.5±0.5 ^a	7.2±0.4 ^a	230.1±44.6 ^a	10.0±0.7 ^b	6.6±0.5 ^b	183.0±53.2 ^b

Means within a row with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

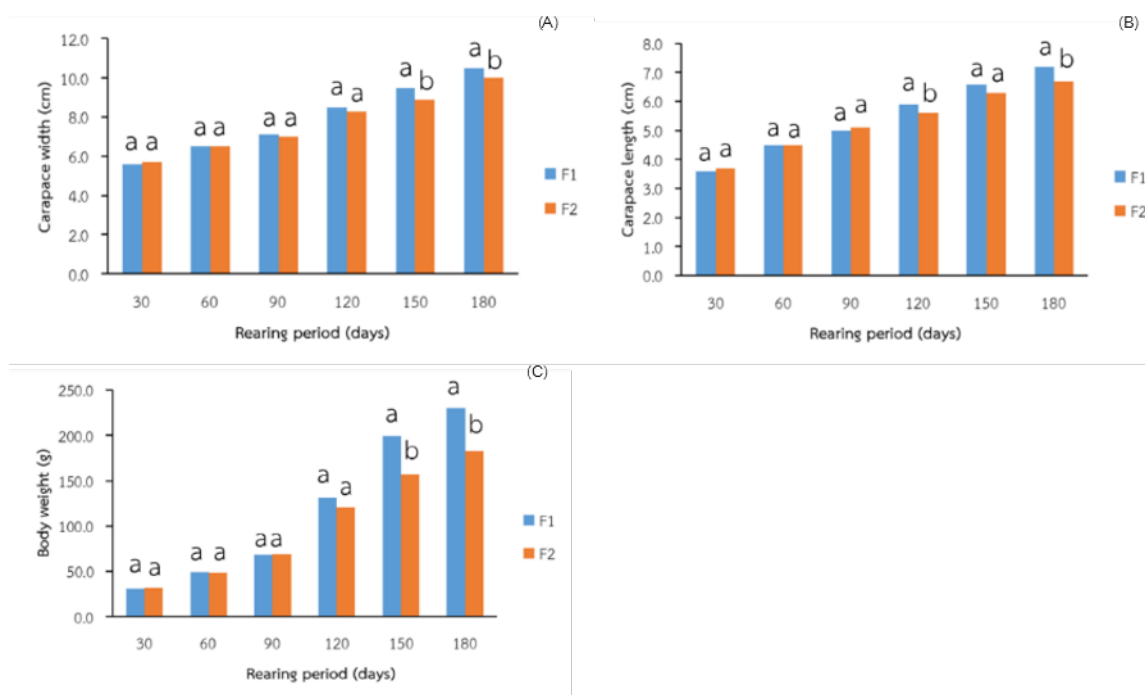


Fig. 1 Mean carapace width (A); carapace length (B); and body weight (C) of mud crab (*Scylla paramamosain*) in domesticated F1 and F2 crabs reared in grow-out pond at 180 days. The bars marked with different letters (a, b) indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

Table 2 Average water qualities of mud crabs (*Scylla paramamosain*) reared in grow-out pond (mean \pm SD.).

Parameters	Domesticated crabs reared in earthen pond	
	F1	F2
Salinity (ppt)	32.4 \pm 2.2 ^a	32.5 \pm 2.3 ^a
Dissolved oxygen (mg/l)	4.4 \pm 1.4 ^a	4.1 \pm 1.1 ^a
Temperature ($^{\circ}$ C)	28.9 \pm 1.9 ^a	28.8 \pm 1.8 ^a
pH	8.5 \pm 0.2 ^a	8.6 \pm 0.3 ^a
Total ammonia (mg-N/l)	0.101 \pm 0.121 ^a	0.099 \pm 0.140 ^a
Nitrite (mg-N/l)	0.005 \pm 0.018 ^a	0.006 \pm 0.037 ^a
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	148.9 \pm 20.9 ^a	159.8 \pm 20.6 ^b

Means within a row with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

วิจารณ์ผลการทดลอง

การนำแม่ปูทะเลไข่แก่นอกกระดองจากประชากร F1 มาเลี้ยงเพื่อผลิตเป็นลูกพันธุ์ปูประชากร F2 จะเห็นได้ว่าปูประชากร F1 มีการเจริญเติบโตในส่วนของความกว้างกระดอง และน้ำหนักดีกว่าปูประชากร F2 ที่ระยะเวลาการเลี้ยง 150 วันขึ้นไป แต่ด้านความยาวกระดอง ที่ระยะเวลาการเลี้ยงช่วง 120 วัน และ 180 วัน ปูประชากร F1 มีความยาวกระดองมากกว่า ปูประชากร F2 แต่ในช่วงระยะเวลาการเลี้ยงช่วง 150 วัน ปูทั้งสองประชากรไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ การทดลองเลี้ยงประชากรปูขาวแต่ละประชากรในบ่อดินของการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปูของแต่ละกลุ่มประชากรอยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของปูที่เลี้ยง แต่ข้อมูลที่ได้จากปูขาวประชากร F1 มีการเจริญเติบโตดีกว่าปูขาวประชากร F2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปูขาวประชากร F2 เกิดการผสมเลือดชิด (inbreeding) ที่มีผลให้เกิดความเสื่อมถอยของลักษณะต่าง ๆ ที่ส่งผลถึงการเจริญเติบโตได้ ตามที่มีรายงานใน decapod crustacean ชนิดอื่น เช่น กุ้ง *Litopenaeus vannamei* (Moss et al., 2008) ปู *Portunus trituberculatus* (Gao et al., 2014) เป็นต้น ซึ่งปรากฏการณ์การผสมเลือดชิดนี้มีความเป็นไปได้ว่าจะเกิดขึ้นในประชากรปูขาวที่มีการเพาะเลี้ยงในโรงเพาะฟัก อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในประชากรรุ่นต่อ ๆ ไป เพราะปูขาวที่ผ่านการ domestication ที่ 2 ช่วงอายุ ยังไม่สามารถยืนยันความน่าเชื่อถือด้วยข้อมูลการส่งออกซึ่งลักษณะการเจริญเติบโตได้เพียงด้านเดียว ซึ่งจากการศึกษาในปูชนิดอื่นที่ผ่านมา วุฒิชัย และคณะ (2558) รายงาน การนำลูกปู F0 มาเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์ F1 เลี้ยงต่อเพื่อให้ได้แม่พันธุ์ F2 และ F3 พบว่า ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตด้านความกว้างของปูจะลดลงเมื่อเข้าสู่ F3 ทั้งนี้ ถ้าแม่พันธุ์ไม่มีคุณภาพ ลูกพันธุ์ก็ไม่มีคุณภาพเช่นกัน Yulianto et al. (2019) รายงานว่า ปูมีรูปแบบการเจริญเติบโตที่แน่นอน คือ แม่น้ำหนักตัวเพิ่มแต่ความกว้างกระดองและความยาวกระดองไม่ได้เพิ่มขึ้นตามเสมอไปเพราะพวกปูไม่ได้มีการเจริญเติบโตเชิงเส้นเหมือนสัตว์ทั่วไป และการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มขนาดของปูทะเลนั้นต้องอาศัยการลอกคราบ โดยแสง อุณหภูมิ อาหาร ความเค็มของน้ำ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการลอกคราบ (ภัทรวดี และคณะ, 2562ข) Pratoomchat et al. (2002) รายงานว่า ก่อนที่ปูทะเลชนิด *S. serrate* ลอกคราบ จะมีการสะสมสารอาหารเป็นพลังงานสำรอง เช่น ไพรอทีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น ถ้าสะสมสารอาหารไม่มากพอจะทำให้ลอกคราบไม่สมบูรณ์ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุการตายของปู ดังนั้น เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตปูต้องสลับเปลือกเก่าทิ้งและสร้างเปลือกใหม่

ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของปูขาวประชากร F1 และ F2 ที่ได้จากการศึกษานี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลฐานสำหรับระบุคุณภาพ หรือศักยภาพทางการเลี้ยงประชากรปูขาวที่ 2 ช่วงอายุได้ Gao et al. (2014) รายงานว่า ถึงแม้ว่าพ่อแม่พันธุ์ปู *P. trituberculatus* ในรุ่นต่อ ๆ ไป จะมีผลต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพของลูกพันธุ์ที่ได้ แต่การจัดการเกี่ยวกับโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ (selective breeding program) ในบ่อเพาะเลี้ยงโดยอาศัยพ่อแม่พันธุ์จากแหล่งภายนอกสามารถช่วยลดการเกิดการผสมแบบเลือดชิดได้ สิ่งนี้เป็นอีกประเด็นวิจัยที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปโดยเฉพาะในด้านการผลิตพ่อแม่พันธุ์ปูขาวในบ่อเลี้ยง นอกจากนี้ ในการเลี้ยงปูขาวประชากร F1 และ ประชากร F2 ของการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ แต่ละพารามิเตอร์ของการเลี้ยงปูทั้งสองประชากรไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นด่างระหว่างการเลี้ยงปูประชากร F1 สูงกว่า การเลี้ยงปูประชากร F2 ซึ่งอาจต้องทำการศึกษาความเป็นต่างเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสามารถในการลอกคราบของทั้งสองประชากรภายใต้ค่าความเป็นด่างเดียวกันต่อไป

สรุป

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูขาว (*Scylla paramamosain*) ประชากรรุ่นที่ 1 (F1) และประชากรรุ่นที่ 2 (F2) ที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อดินมีความแตกต่างด้านการเจริญเติบโตอย่างเห็นได้ชัด โดยปูขาวประชากร F2 จะเริ่มปรากฏ

ลักษณะด้อยด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความยาวกระดูกงูต่ำกว่าประชากร F1 ที่ระยะเวลาการเลี้ยง 120 วัน และลักษณะด้อยด้านการเจริญเติบโตจะเด่นชัดขึ้นที่ระยะเวลาเลี้ยง 150–180 วัน โดยมีความกว้างกระดูกงูและน้ำหนักตัวที่ต่ำกว่าประชากร F1 ดังนั้น การปรับปรุง หรือการจัดการเกี่ยวกับการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อการผสมพันธุ์ หรือ selective breeding program ของปูขาวมีความจำเป็นและควรดำเนินการศึกษาวิจัยในลำดับต่อไป ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนา หรือช่วยเพิ่มศักยภาพในการเพาะเลี้ยงปูขาวของประเทศไทยต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ “การพัฒนาห่วงโซ่การผลิตปูทะเลในพื้นที่ภาคใต้สู่การเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดใหม่ของประเทศไทยด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การตลาด และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสีย” ที่สนับสนุนงบประมาณโดย หน่วยบริหารและจัดการทุนวิจัยและนวัตกรรมด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.)

เอกสารอ้างอิง

- ปริศนา คลั่งสุขคล้าย, โกวิทย์ ก้าวเอี่ยม, เจษฎา ถังมณี. 2560. ผลของการให้อาหารสูตรต่างๆ ต่อความสมบูรณ์เพศของปูขาว. กองวิจัยและการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, ตรัง.
- ภัทราวดี ศรีมีเทียน, จิตติมา สุวรรณมาลา. 2562ก. ผลของเพศและน้ำหนักต่ออัตราการรอดตายของปูทะเล (*Scylla spp.*). วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 37: 405–413.
- ภัทราวดี ศรีมีเทียน, จิตติมา สุวรรณมาลา. 2562ข. การเจริญเติบโตของปูทะเล (*Scylla spp.*) หลังการลอกคราบ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 13: 25–36.
- วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม, วาสนา อากรรัตน์. 2558. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ปูม้า (*Portunus pelagicus*) รุ่นที่1 ถึงรุ่นที่3 ที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อดิน. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 32: 49–58.
- วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม, วาสนา อากรรัตน์, สุทิน สมบูรณ์. 2561. การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงปูทะเล (*Scylla spp.*). ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 57. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 338–346.
- วรภรณ์ หนูดี, ชัยวัฒน์ วิชัยวัฒน์, จินตนา มหาสวัสดิ์. 2550. การอนุบาลลูกปูทะเลโดยใช้วัสดุหลบซ่อนและเพิ่มพื้นที่ผิวในบ่อซีเมนต์. วารสารการประมง 62: 230–236.
- สัมพันธ์ ทองหนู่น้อย, สุภัทร ประสพศิลป์, สิทธิพัฒน์ แม้วอ้า. 2561. ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อการพัฒนาของเซลล์ไขปูทะเล (*Scylla serrata*, Forskal 1775). มหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี, หน้า 400–414.
- อุทัยรัตน์ ณ นคร, วงศ์ปฐม กมลรัตน์. 2551. พันธุศาสตร์ประชากรเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- APHA, AWWA, WEF. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. American Public Health Association. Washington, DC, USA.
- Bian, P., Xu, H., Weng, X., Liu, T., Liu, T., Han, T., Wang, J., Wang, C. 2022. The influence of dietary arachidonic acid on growth performance, fatty acid composition and antioxidant capacity on postlarva of mud crab *Scylla paramamosain*. Aquac. Rep. 25: 101–108. doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101226

- Farhadi, A., Huang, Z., Qiu, B., Ikhwanuddin, M., Ma, H. 2021. Effect of light condition on the growth performance and biochemical compositions of post-mating female mud crab (*Scylla paramamosain*). Aquac. Rep. 21: 100–108. doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100807
- Gao, B.Q., Liu, P., Li, J., Wang, Q.Y. 2014. Genetic diversity of different populations and improved growth in the F1 hybrids in the swimming crab (*Portunus trituberculatus*). Genet. Mol. Res. 13: 10454–10463.
- Liew, K.S., Tan, K., Liew, H.J., Masuda, R., Shapawi, R., Tuzan, A.D., Yong, A.S.K., Kawamura, G., Lim, L.S. 2022. Responses of purple mud crab (*Scylla tranquebarica*) to various saccharide solutions and the saccharide-coated pelleted feeds. Appl. Anim. Behav. Sci. 257: 105–793. doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105793
- Moss, D.R., Arce, S.M., Otoshi, C.A., Moss, S.M. 2008. Inbreeding Effects on hatchery and growout performance of pacific white shrimp, *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*. J. World Aquacult. Soc. 39: 467–476. doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00189.x
- Oniam, V., Arkronrat, W., Kaewjantawee, P., Wechakama, T. 2021. Breeding performance of wild and domesticated female broodstock of blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758). J. Fish. Env. 45: 84–91.
- Pratoomchat, B., Sawangwong, P., Pakkong, p., Machado, J. 2002. Organic and inorganic compound variations in haemolymph, epidermal tissue and cuticle over the molt cycle in *Scylla serrata* (Decapoda). Comp. Biochem. Physiol. Part A Mol. Integr. Physiol. 131: 243–255. doi.org/10.1016/S1095-6433(01)00447-0
- Shellet, C., Lovatelli, A. 2011. Mud Crab Aquaculture: A Practical Manual. FAO Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy.
- Yulianto, B., Sunaryo, S.P.J., N.T., Djunaedi, A., Subagiyo, Santosa, A., Soegianto, A. 2019. Survival and Growth of mud crab (*Scylla serrata* Forsskål, 1775) reared in crab bucket recirculating aquaculture system. Eco. Env. Cons. 25: 119–128

พลวัตประชากรแพลงก์ตอนและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จาง กฟผ.แม่เมาะ จังหวัดลำปาง

Plankton population dynamic and water quality correlations in Mae Jang reservoir, Mae Moh EGAT, Lampang province

พรพุดติกร รัตนไพบูลย์, สุดาพร ตงศิริ, เทพพิทักษ์ บุญทา, จงกล พรหมยะ, อุดมลักษณ์ สมพงษ์*

Pornpruedtikorn Rattanapaiboon, Sudaporn Tongsiri, Teppitag Boonta, Jongkol Promya, Udomluk Sompong*

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: udomluk.sompong@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำ ในอ่างเก็บน้ำแม่จาง จ.ลำปาง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2564 - มีนาคม 2565 พบแพลงก์ตอนพืช 7 ดิวิชัน 58 ชนิด แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ *Peridiniopsis* sp., *Peridinium* sp. และ *Trachelomonas volvocina* ตามลำดับ พบแพลงก์ตอนสัตว์ 3 ไฟลัม 35 ชนิด แพลงก์ตอนสัตว์ชนิดเด่น คือ *Polyarthra* sp., *Tintinnopsis* sp. และ Nauplius larva ตามลำดับ ส่วนชนิด และปริมาณอาหารที่พบในกระเพาะปลาชนิดเด่นที่พบมีการกินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร คือ ปลาแก้มขี้ ปลาช่า ปลาตะเพียน และปลาหนามหลัง โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแพลงก์ตอนสัตว์ พบว่าคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่ส่งผลกระทบต่อกำลังผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ จากผลการประเมินระดับคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งชี้พบว่า ในช่วง 6 เดือนแรก (ก.พ.-ก.ค.64) พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายไดโนแฟลกเจลเลต และสาหร่ายสีเขียว คุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงไม่ดี ในช่วง 6 เดือนหลัง (ต.ค.64-มี.ค.65) พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต และกลุ่มสาหร่ายยูกลีโนอยด์เพิ่มขึ้น ซึ่งระดับคุณภาพน้ำก็ยังคงอยู่ในระดับเกณฑ์ปานกลางถึงไม่ดี คุณภาพน้ำมีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

คำสำคัญ: พลวัต, แพลงก์ตอนพืช, แพลงก์ตอนสัตว์, อ่างเก็บน้ำ

Abstract

A study on the relationship between plankton and water quality parameters in Mae jang reservoir Lampang province from February 2021 to March 2022. Phytoplankton were found. Seven Divisions and 58 species. Of the dominant phytoplankton species were *Peridiniopsis* sp., *Peridinium* sp. And *Trachelomonas volvocina* respectively. Three Phylums and 35 species of zooplankton were found. The dominant zooplankton species were *Polyarthra* sp., *Tintinnopsis* sp. and Nauplius larva, respectively. From the type and amout of food found in stomach, four dominant species of fish that feed on plankton were Red cheek barb, Silver barb Black margin spiny barb and Leaf fish. The correlation analysis of all data, zooplankton was positive correlation with phytoplankton. The Water quality in the Mae jang reservoir did not affect to the capacity of primary producer. From the water quality assessment by using phytoplankton as bioindicator, thr dinoflagellate and green algae were the dominant algal groups in the first six-month period (Feb–July, 2021). The water quality assessment was meso-eutrophic status. The dinoflagellate and euglenoid algae were the dominant algal groups in the last six-month period (Oct 2021–Mar 2022). The status of water quality assessment was indicated to meso-eutrophic status. The water quality is suitable for aquaculture.

Keywords: Dynamic, Phytoplankton, Zooplankton, Reservoir

คำนำ

ในปัจจุบันอ่างเก็บน้ำแม่จาง เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่สุดในบริเวณ กฟผ. แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ปิดกั้นลำน้ำแม่จางซึ่งอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ความจุเก็บกักปกติ 108.5 ล้านลูกบาศก์เมตร น้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่จางถูกส่งผ่านคลองส่งน้ำที่มีความยาวประมาณ 6.4 กิโลเมตร ไปใช้ในกิจการของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ขณะที่น้ำบางส่วนถูกส่งให้เกษตรกรตามแนวคลองส่งน้ำผ่านทางท่อกลักน้ำตลอดแนวคลอง และน้ำบางส่วนถูกปล่อยสู่ด้านท้ายน้ำ ซึ่งไหลรวมไปพร้อมกับลำน้ำแม่เมาะให้กับชุมชนที่อาศัยอยู่เพื่อใช้ในการเกษตรต่อไป (โรงไฟฟ้าแม่เมาะ, 2555) ซึ่งการดำเนินงานและโรงไฟฟ้าแม่เมาะในปัจจุบัน จะก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ ของโรงไฟฟ้า รวมทั้งน้ำทิ้งจากชุมชนและภาคการเกษตร ซึ่งคุณภาพน้ำทิ้งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ และระบบนิเวศในอ่างเก็บน้ำแม่จาง โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำเช่น ปลา กุ้ง หอย และปู รวมไปถึงแพลงก์ตอนที่อาศัยอยู่ในน้ำ การศึกษาคุณภาพน้ำรวมทั้งสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในอ่างเก็บน้ำจะช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถจัดการ ควบคุม ป้องกันและแก้ไขคุณภาพของน้ำในอ่างเก็บน้ำรอบปีให้มีความเหมาะสมต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมไว้อย่างยั่งยืน รวมไปถึงรักษาสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติด้วยเช่นกัน เนื่องจากแพลงก์ตอนเป็นผู้ผลิตที่มีความสำคัญมากในแหล่งน้ำ รวมทั้งเป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ แพลงก์ตอนจึงเหมาะสมในการไปประเมินคุณภาพน้ำร่วมกับคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี การใช้แพลงก์ตอนเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำรวมทั้งศักยภาพในการเป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จาง สามารถใช้เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำ เพื่อลดปัญหาการแพร่ระบาดของแพลงก์ตอนพืช กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เพื่อทราบแนวโน้มของการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ รวมทั้งผลกระทบต่อทรัพยากรในอ่างเก็บน้ำ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นในการศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำต่อการกระจายของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ การศึกษาองค์ประกอบ และสัดส่วนอาหารในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำ ในอ่างเก็บน้ำแม่จาง กฟผ.แม่เมาะ จังหวัดลำปาง เพื่อใช้ในการประเมินผลของคุณภาพน้ำที่มีผลต่อชนิด และปริมาณแพลงก์ตอนที่มีผลต่อทรัพยากรประมงในอ่างเก็บน้ำ รวมทั้งเพื่อหาแนวทางแก้ไขผลกระทบ ซึ่งอาจเกิดขึ้นต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษาและการกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง (Fig. 1)

บริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำแม่จาง ตำบลนาสัก อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พิกัดศึกษา ละติจูด $18^{\circ} 20' 08.68''$ เหนือ และลองจิจูด $99^{\circ} 48' 58.71''$ ตะวันออก โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 3 จุด ได้แก่ จุดในบริเวณอ่างเก็บน้ำ (Middle Zone) จุดทางน้ำเข้า (Upper Zone) และจุดทางน้ำออก (Lower Zone) ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2564–มีนาคม 2565

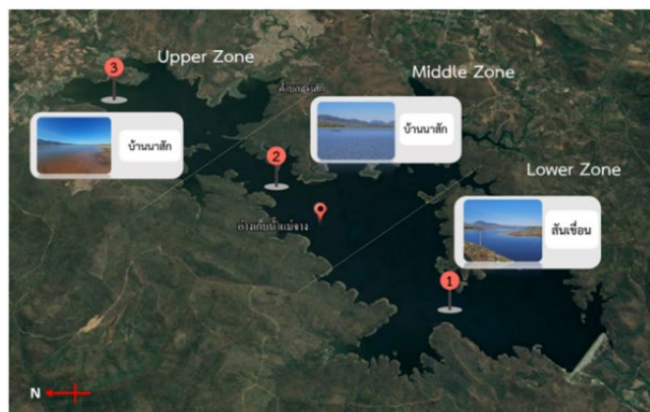


Fig.1 Sampling sites in Mae Jang Reservoir, Mae Moh EGAT, Lampang province (1: Inflow, 2: sampling site, 3: Outflow)

การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช เพื่อนำมาจำแนกชนิด โดยเก็บน้ำที่ระดับความลึก 0.5 เมตรเหนือพื้นท้องน้ำ มาถึงผิวน้ำ 3 ครั้งต่อจุดเก็บตัวอย่างด้วยถุงกรองแพลงก์ตอน (Plankton net) ขนาด 10 μm นำน้ำตัวอย่างที่ได้เก็บใส่ขวดพลาสติกขนาด 120 มิลลิลิตร และเก็บรักษาด้วยน้ำยาถูกล 2 มิลลิลิตร ทำการจำแนกกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชในห้องปฏิบัติการ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 4, 10, 40 และ 100 เท่า โดยใช้สไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgwick - Rafter Counting Chamber) ประกอบ วิจัยชนิดของแพลงก์ตอนจากหนังสือ ได้แก่ Prescott (1964); ศิริเพ็ญ (2537); ยุวดี (2552); ลัดดา (2542) และจงดล (2560) เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ ด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 100 μm เก็บรักษาด้วยสารละลายฟอร์มาลินที่ความเข้มข้น 4% ทำการจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ในห้องปฏิบัติการ ทำการจำแนกชนิดผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 4, 10, 40 และ 100 เท่า หนังสือที่ใช้ประกอบการจำแนกชนิด ได้แก่ จงดล (2560) แล้วประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ ตามวิธีการของ Shannon and Weaver (1963)

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุด จำนวน 3 ครั้งต่อจุดเก็บตัวอย่าง โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ขนาด 1 ลิตร ความลึกที่ 0.5 เมตร บันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำบางประการในภาคสนาม ได้แก่ pH อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และเก็บตัวอย่างน้ำวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายน้ำ ความเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD) ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนเตรต ไนโตรเจน ฟอสเฟต ฟอสฟอรัส (mg/L.) และคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g/L.}$) ภายในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการวิเคราะห์จะเป็นไปตามวิธีมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์น้ำ และน้ำเสีย อุดมลักษณ์ (2560)

องค์ประกอบชนิดอาหารในกระเพาะปลา

เก็บตัวอย่างปลาชนิดต่าง ๆ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างปลาตามจุดที่กำหนด 3 จุด โดยใช้ช้อน หรือ แห เป็นอุปกรณ์ในการจับปลา ทำการเก็บตัวอย่างปลาทุกชนิด และรักษาสภาพตัวอย่างโดยการใส่ปี้มอากาศ และลดอุณหภูมิ ทำการวัดความยาวของปลาจากปลายสุดของด้านหัวถึงปลายหาง (total length; เซนติเมตร) และชั่งน้ำหนักตัว (wet body weight; กรัม) ศึกษาลักษณะภายในตัวอย่างปลา โดยนำระบบทางเดินอาหาร แช่น้ำเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.85% ศึกษาดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ ตัดอวัยวะภายในเหล่านี้ไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง และ บันทึกข้อมูลอย่างละเอียด นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไปคำนวณค่า ตามวิธีการของ Hyslop (1980)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็นไปตามมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่กำหนดไว้ใน Standard methods for the examination of water and waste ของ APHA, AWWA and WPCF (2012).

การประเมินคุณภาพน้ำโดยประเมินชนิด และปริมาณแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ด้วยวิธี AARL – PP Score (Applied algal research laboratory-Phytoplankton score) (ยูวดี และคณะ, 2550)

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Multivariate Statistic Package (MVSP) และ Principal Component Analysis (PCA) Lorraine and Vollenweider (1981)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ทางสถิติของคุณภาพน้ำ โดยใช้การทดสอบ One-way ANOVA ของ Duncan's Post Hoc Test. ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic Package Social Science (SPSS) version 25.0

ผลและวิจารณ์การทดลอง

จากการศึกษาชนิดแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในอ่างเก็บน้ำแม่จาง พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 7 Divisions ได้แก่ Division Chlorophyta (8 สกุล 18 ชนิด) รองลงมา คือ Division Cyanophyta (5 สกุล 16 ชนิด) Bacillariophyta (4 สกุล 9 ชนิด) Chrysophyta (3 สกุล 3 ชนิด) Pyrrophyta (2 สกุล 4 ชนิด) Euglenophyta (1 สกุล 7 ชนิด) และ Cryptophyta (1 สกุล 1 ชนิด) ตามลำดับ แพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่พบในปริมาณที่มากที่สุดในอ่างเก็บน้ำแม่จาง ได้แก่ Division Cyanophyta โดยมีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ $102,003 \pm 39,253$ cell/L รองลงมาได้แก่ แพลงก์ตอนพืชใน Division Pyrrophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Cryptophyta และ Chrysophyta โดยมีปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ $10,099 \pm 25,745$, $90,664 \pm 45,051$, $63,403 \pm 17,333$, $30,556 \pm 11,461$, $14,340 \pm 4,061$ และ $6,050 \pm 2,022$ cell/L ตามลำดับ จากผลการประเมินระดับคุณภาพโดยใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งชี้ (ยูวดี และคณะ, 2550) พบว่าในช่วงครึ่งปีแรก (6 เดือน) พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) เช่น *Monoraphidium contortum* 48,625 cell/L และไดโนแฟลกเจลเลต (Division Pyrrophyta) เช่น *Peridinium* sp. 241,604 cell/L และ *Peridiniopsis* sp. 187,333 cell/L มีปริมาณมากที่สุดในแหล่งน้ำ ซึ่งบ่งบอกได้ว่าคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จางในช่วง (ก.พ. – ก.ค. 2564) มีคุณภาพน้ำปานกลาง (ยูวดี และคณะ 2550) ในช่วงครึ่งปีหลัง (ต.ค. 2564- มี.ค. 2565) พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Division Pyrrophyta) เพิ่มมากขึ้นในอ่างเก็บน้ำ แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบได้แก่ *Peridiniopsis* sp. 365,250 cell/L, *Peridinium* sp. 377,000 cell/L และ (Division Euglenophyta) เช่น *Trachelomonas volvocina* 222,750 cell/L ตามลำดับ เมื่อประเมินระดับคุณภาพโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 ชนิดเป็นดัชนีบ่งชี้แล้ว AARL-PP-Score ได้เท่ากับ 6.6 ดังนั้นค่าคะแนนที่ได้อยู่ในช่วง 5.6–7.5 จัดอยู่ในระดับสารอาหารปานกลางถึงไม่ดี คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จางมีคุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี ทั้งนี้เมื่อใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 ชนิดที่เป็นดัชนีบ่งชี้ ประเมินร่วมกับการใช้ปัจจัยทางกายภาพและเคมี จะพบว่าคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จางมีคุณภาพน้ำปานกลาง

ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่จะมีแพลงก์ตอนหลายชนิดที่อาศัยและเจริญอยู่ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของแหล่งน้ำ จึงมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของแพลงก์ตอนพืช (ยูวดี, 2549) เช่นเดียวกันกับอ่างเก็บน้ำแม่จาง ที่มีปริมาณน้ำมาก ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มหรือลดลงของจำนวนชนิดของแพลงก์ตอน ปัจจัยที่สำคัญคือน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำที่ไหลจากต้นน้ำ และปริมาณน้ำฝนแต่ละฤดูกาล (อัศจรรย์ภรณ์ และคณะ, 2546) ซึ่งปัจจุบัน กฟผ. ได้สร้างอ่างเก็บน้ำแม่จางกั้นลำน้ำในบริเวณตอนใต้ของบ้านสบหลวง ตำบลนาสักห่างจาก

โรงไฟฟ้าแม่เมาะไปในทางทิศตะวันออกประมาณ 9 กิโลเมตร ซึ่ง กฟผ.ได้นำน้ำมาใช้ในกิจกรรมของโรงไฟฟ้า ทำให้ลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ จุดเก็บตัวอย่างแต่ละฤดูกาลมีสภาพน้ำที่แตกต่างกัน อันมีผลทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชเปลี่ยนแปลง แพลงก์ตอนที่พบในอ่างเก็บน้ำแม่จาง จังหวัดลำปาง ช่วงฤดูฝน (มิถุนายน) ฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์) ชนิดและปริมาณที่พบมากที่สุดในทุกฤดูที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ พบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 3 ไฟลัม คือ Phylum Rotifera (*C. Monogononta*) (19 สกุล), Phylum Arthropoda (Copepoda (5 สกุล), Cladocera (2 สกุล)) และ Phylum Protozoa (9 สกุล) โดยพบทั้งหมด 35 สกุล แพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในปริมาณมากที่สุด ได้แก่ Phylum Rotifera (*C. Monogononta*) โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 468 ± 185 (individual L-1) รองลงมา ได้แก่ Phylum Protozoa, Phylum Arthropoda (Cladocera) และ Phylum Arthropoda (Copepoda) โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 148 ± 58 , 119 ± 30 และ 34 ± 15 (individual L-1) ตามลำดับ ซึ่งแพลงก์ตอนที่เป็นชนิดเด่น 3 ลำดับแรก คือ Phylum Rotifera (*C. Monogononta*) *Polyarthra*, (Phylum Protozoa) *Tintinnopsis* sp. และ (Phylum Arthropoda (Copepoda) Nauplius larva มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 120 ± 40 , 90 ± 26 และ 66 ± 14 (individual L-1) ตามลำดับ ในส่วนของแนวโน้มของปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดเด่น นั้นพบว่า *Polyarthra* และ *Tintinnopsis* sp. มีปริมาณ (individual L-1) ที่เพิ่มมากขึ้นในเดือนมีนาคม และเริ่มลดลงในเดือนมิถุนายน ตามลำดับ ส่วน Nauplius larva พบว่ามีปริมาณ (individual L-1) ที่ค่อนข้างคงที่ในเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม แต่ลดปริมาณลงมากในเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ตามลำดับ

ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (Shannon-Weaver index) การใช้ความหลากหลายทางชีวภาพ ของแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ในอ่างเก็บน้ำแม่จางในแต่ละเดือน โดยใช้ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2564-มีนาคม 2565 พบว่า ดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช ช่วงมกราคม-มีนาคม 2565 มีค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่ามีการแพร่กระจายความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชดีที่สุด ดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ พบว่า ช่วง มีนาคม-พฤษภาคม 2564 มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการแพร่กระจายความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ดีที่สุด กล่าวได้ว่าหากปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพิ่มมากขึ้น ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จะมีมากขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มสัมพันธ์กันกับค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ ดังนั้น ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ทั้งปัจจัยทางกายภาพ และชีวภาพในแต่ละพื้นที่ ซึ่งมีผลไปควบคุมการกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตให้มีชนิดและปริมาณที่ต่างกัน (Table 1)

Table 1 Phytoplankton diversity and zooplankton diversity Index in Mae Jang reservoir, Mae Moh EGAT, Lampang Province

Month	Diversity index phytoplankton	Diversity index zooplankton	Number of phytoplankton (cells ^{L-1})	Number of zooplankton (cells ^{L-1})
February 2021	0.17	0.26	289,583	1,122
March 2021	0.16	0.31	277,188	1,700
April 2021	0.31	0.28	879,167	1,320
May 2021	0.05	0.30	60,750	1,559
June 2021	0.15	0.01	255,250	20
July 2021	0.04	0.09	44,000	239
October 2021	0.06	0.09	68,500	226
November 2021	0.17	0.26	285,000	1,115

December 2021	0.19	0.13	362,750	364
January 2022	0.26	0.13	587,750	384
February 2022	0.29	0.19	787,250	646
March 2022	0.32	0.16	972,000	521

ทั้งนี้ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดเด่น ในอ่างเก็บน้ำแม่จาง ที่ลดปริมาณลงโดยเฉพาะในช่วงเดือนมิถุนายน อาจเนื่องมาจากบริเวณที่ทำการศึกษามีความเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมีภาพ และชีวภาพค่อนข้างมาก ทำให้เกิดการแปรปรวนของข้อมูลสูง ปัจจัยสำคัญคือ น้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำที่ไหลมาจากต้นน้ำ และปริมาณน้ำฝนแต่ละฤดูกาล ทำให้สัตว์น้ำ โดยเฉพาะปลามีโอกาสได้กินแพลงก์ตอนสัตว์เหล่านี้เป็นอาหารมากขึ้น ประกอบกับหน่วยงานของกรมประมง (ลำปาง) ได้มีมาตรการห้ามจับปลาในฤดูวางไข่ในพื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำแม่จาง จึงอาจส่งผลทำให้สัตว์น้ำมีโอกาสได้กินอาหารที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนสัตว์ เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามก็เป็นที่น่าสังเกตว่า ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม มีตะกอนดินติดมากับตัวอย่างน้ำค่อนข้างมาก อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงฤดูฝน โดยที่น้ำฝนจะชะล้างเอาดินตะกอนโดยรอบอ่างลงมาสู่แหล่งน้ำในอ่างทำให้น้ำมีความขุ่นหรือมีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำค่อนข้างมากอาจส่งผลทำให้มีปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ค่อนข้างน้อย

องค์ประกอบชนิด ความถี่ และปริมาณของอาหารในกระเพาะของสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่พบ ชนิดของปลาที่พบ ซึ่งรายละเอียดชนิดปลาที่พบในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง การจำแนกนิสัยการกินของปลา มีวิธีการจำแนกโดยการใส่สัดส่วนของความยาวลำตัว ต่อ ความยาวลำไส้ โดยพบว่า ปลากินพืช มีสัดส่วนมากกว่า 1.7 (ศิริลักษณ์ และกรทิพย์, 2555) ซึ่งจากวิธีการจำแนกที่กล่าวมา สามารถนำมาใช้ในการแบ่งกลุ่มของปลาทั้ง 4 ชนิด คือ ปลาแก้มขี้ ปลาตะเพียน ปลาหนามหลัง และปลาหมอช้างเหยียบ เมื่อนำข้อมูลความยาวของลำตัว และความยาวของลำไส้ ในปลาแต่ละชนิด สามารถนำมาหาสัดส่วนของความยาวลำตัวต่อความยาวลำไส้ (Table 2) พบว่า ปลาแก้มขี้ ปลาตะเพียน และ ปลาหนามหลัง กินแพลงก์ตอนพืช และ แพลงก์ตอนสัตว์ เป็นหลัก ส่วนปลาหมอช้างเหยียบ กินแพลงก์ตอนสัตว์ มากกว่า แพลงก์ตอนพืช

Table 2 Proportion of total length to the length of the intestine length of 4 fish species

species	total length	intestine length	total length : intestine
	(cm)	(cm)	length
<i>Systomus rubripinnis</i> (Red cheek barb)	13	10	1.3
<i>Barbonymus gonionotus</i> (Silver barb)	15	6	2.5
<i>Mystacoleucus marginatus</i> (Black margin spiny barb)	11	4	2.8
<i>Pristolepis fasciata</i> (Leaffish)	8	2.5	3.2

การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำแม่จาง โดยพบว่าคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำแม่จาง ในเดือน กุมภาพันธ์ 2564-มีนาคม 2565 มีคุณภาพน้ำปานกลาง โดยมีค่าดังนี้ (Table 3) จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำ ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในอ่างเก็บน้ำแม่จาง พบว่าคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำมีคุณภาพน้ำปานกลาง อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิต และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยพบว่าแหล่งน้ำมีปริมาณสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อยู่ในค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่พบว่าปริมาณสารอาหารแอมโมเนีย ไนโตรเจนมีค่าสูงในเดือน เมษายน เนื่องจาก มนุษย์มีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศทางน้ำ การทิ้งขยะ และของเสียทุกประเภทลงในแหล่งน้ำ ไม่

ว่าจะในรูปแบบของเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม เช่น โลหะหนัก สารเคมี และของเสียจากชุมชน ได้แก่ สารอินทรีย์ และเชื้อโรค ของเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม ได้แก่ ปุ๋ย ยาปราบศัตรูพืช และยาฆ่าแมลง ฯลฯ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป คือทำให้มีการปนเปื้อนและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ หรือทำให้น้ำมีธาตุอาหารของพืชสูงขึ้น จึงทำให้องค์ประกอบและชนิดของแพลงก์ตอนเปลี่ยนไปจากเดิมได้ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542) ปริมาณน้ำไหลมาจากต้นน้ำ และปริมาณน้ำฝนแต่ละฤดูกาล ซึ่งมีการชะล้างสารอาหารเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเพิ่มมากขึ้น แต่หลังจากนั้นค่าก็กลับมายุ่งในเกณฑ์ปกติ ปริมาณออกซิเจนละลายในอ่างเก็บน้ำ มีค่าสูง (ไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งเพียงพอและเหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (นันทนา, 2544)

Table 3 Water quality properties in Mae Jang reservoir, Mae Moh EGAT, Lampang Province

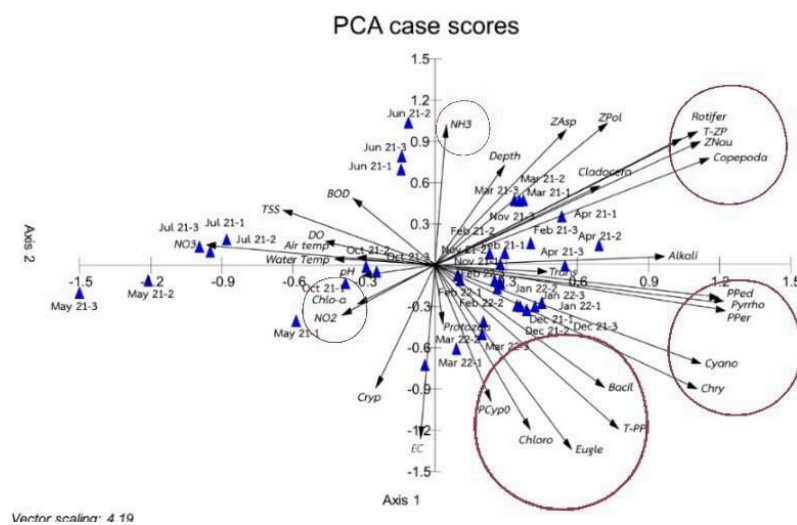
	Temp. Air (°C)	Temp. Water (°C)	Transparency (cm)	TSS (mg/L)	EC (µS/cm)	pH	Alkalinity (mg/L)
February 2021	27±2.0 ^a	25.3±0.6 ^a	65±26.5 ^{ab}	0.008±0.007 ^a	214.4±2.9 ^b	8.52±0.4 ^c	117.11±3.0 ^{bc}
March 2021	36.1±1.6 ^c	33.0±6.0 ^{bc}	34±6.0 ^{ab}	0.015±0.004 ^a	231.4±12.3 ^b	8.42±0.37 ^{bc}	123.11±1.0 ^c
April 2021	30.3±2.1 ^{ab}	29.0±6.1 ^{abc}	52±38.8 ^{ab}	0.012±0.000 ^a	203.6±1.8 ^b	6.00±0.03 ^a	113.89±2.8 ^{bc}
May 2021	29.7±0.6 ^{ab}	29.7±1.5 ^{abc}	22±16.1 ^{ab}	0.039±0.015 ^a	117.2±5.3 ^a	7.69±0.25 ^{bc}	110.89±4.6 ^{bc}
June 2021	35.3±2.1 ^c	32.7±1.8 ^{bc}	20±13.2 ^a	0.025±0.015 ^a	236.7±15.3 ^b	8.55±0.24 ^c	101.67±8.1 ^b
July 2021	29.3±4.0 ^{ab}	29.4±1.4 ^{abc}	21±13.3 ^{ab}	0.043±0.011 ^a	465.5±42.5 ^d	7.37±0.49 ^{bc}	80.33±19.6 ^a
October 2021	31.3±2.1 ^b	29.1±0.3 ^{abc}	73±12.3 ^b	0.011±0.004 ^a	457.7±7.4 ^d	8.07±0.06 ^a	104.56±0.5 ^{bc}
November 2021	30.7±1.5 ^{ab}	28.5±0.1 ^{bc}	61±19.2 ^{ab}	0.012±0.007 ^a	474.5±9.4 ^d	7.84±0.21 ^{bc}	114.33±1.5 ^{bc}
December 2021	29.0±1.0 ^{ab}	23.9±1.8 ^a	65±11.5 ^{ab}	0.007±0.002 ^a	456.6±4.1 ^d	7.37±0.67 ^{bc}	115.56±1.6 ^{bc}
January 2022	30.7±2.5 ^{ab}	25.7±0.6 ^a	47±15.1 ^{ab}	0.005±0.004 ^a	362.8±26.7 ^c	8.00±0.10 ^{bc}	117.78±1.6 ^{bc}
February 2022	28.3±1.5 ^{ab}	29.4±4.8 ^{abc}	18±2.6 ^a	0.029±0.016 ^a	452.0±31.5 ^d	8.19±0.10 ^{bc}	104.67±6.4 ^{bc}
March 2022	31.7±2.0 ^b	34.7±0.6 ^c	20±8.7 ^a	0.030±0.014 ^a	383.9±78.6 ^c	7.24±0.90 ^b	115.78±4.1 ^{bc}

Table 3 water quality properties in Mae Jang Reservoir, Mae Moh EGAT, Lampang Province

	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	PO ₄ ³⁻ -N (mg/L)	Chlorophyll-A (µg/L)
February 2021	6.69±1.14 ^b	3.3±1.24 ^a	0.359±0.035 ^{ab}	0.012±0.002 ^b	0.005±0.003 ^a	0.091±0.006 ^{ab}	3.97±2.47 ^a
March 2021	6.1±0.35 ^b	5.9±0.08 ^{bcd}	0.079±0.028 ^a	0.002±0.00 ^a	0.005±0.001 ^a	0.024±0.003 ^a	4.85±1.86 ^a
April 2021	6.0±0.53 ^{ab}	5.2±0.18 ^{bc}	0.573±0.020 ^b	0.003±0.001 ^a	0.002±0.000 ^a	0.082±0.018 ^{ab}	3.13±1.83 ^a
May 2021	4.6±1.45 ^{ab}	7.1±0.72 ^d	0.440±0.078 ^c	0.004±0.003 ^{ab}	0.103±0.034 ^a	0.215±0.071 ^{ab}	4.72±2.22 ^a
June 2021	6.6±1.45 ^b	6.1±0.78 ^{bcd}	0.288±0.086 ^{ab}	0.005±0.003 ^{ab}	0.093±0.087 ^a	0.071±0.019 ^{ab}	17.45±7.72 ^a
July 2021	6.6±0.21 ^b	5.4±0.50 ^{bcd}	0.308±0.073 ^{ab}	0.010±0.005 ^{ab}	0.242±0.097 ^a	0.051±0.010 ^a	1.50±0.40 ^a
October 2021	6.2±0.06 ^b	5.4±0.50 ^{bcd}	0.320±0.086 ^{ab}	0.004±0.001 ^{ab}	0.225±0.092 ^b	0.053±0.012 ^a	4.10±1.08 ^a
November 2021	5.2±0.23 ^{ab}	5.0±0.07 ^b	0.307±0.035 ^{ab}	0.004±0.000 ^{ab}	0.034±0.007 ^b	0.044±0.011 ^a	5.60±2.38 ^a
December 2021	5.3±0.38 ^{ab}	7.0±0.67 ^{cd}	0.350±0.031 ^{ab}	0.004±0.000 ^{ab}	0.033±0.013 ^a	0.047±0.007 ^a	3.83±1.18 ^a
January 2022	3.6±1.22 ^a	6.5±0.42 ^{bcd}	0.301±0.068 ^{ab}	0.001±0.000 ^a	0.022±0.012 ^a	0.169±0.023 ^b	5.95±0.74 ^a
February 2022	5.3±0.57 ^{ab}	3.2±0.72 ^a	0.378±0.136 ^{ab}	0.002±0.001 ^a	0.067±0.022 ^a	0.146±0.012 ^{ab}	1.59±0.69 ^a
March 2022	5.0±1.02 ^{ab}	5.2±0.85 ^{bc}	0.442±0.164 ^{ab}	0.012±0.008 ^b	0.051±0.022 ^a	0.096±0.006 ^{ab}	6.71±3.25 ^b

Means±SD within a row with difference superscripts letters are significantly difference ($p < 0.05$) as determined by Duncan's new multiple range test

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และปัจจัยคุณภาพน้ำ พบว่าแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่ม Cladocera, Copepoda และ Rotifer มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณแพลงก์ตอนพืชรวมทั้งหมด หากปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพิ่มมากขึ้น ปริมาณ Cladocera, Copepoda และ Rotifer จะมีมากขึ้น ซึ่งปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารอาหารที่เพิ่มมากขึ้น ($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ และ $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) ซึ่งไปในทิศทางเดียวกันสามารถกล่าวได้ว่าคุณภาพน้ำบริเวณที่ศึกษาไม่เป็นอันตรายต่อชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนพืช รวมถึงระบบนิเวศวิทยา และระบบห่วงโซ่อาหาร ซึ่งบริเวณอ่างเก็บน้ำแม่จางมีที่รองรับน้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้ว ไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ไม่ส่งผลกระทบต่อกำลังผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ ระบบห่วงโซ่อาหาร และระบบนิเวศ เนื่องจากมีธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ส่งผลให้บริเวณอ่างเก็บน้ำแม่จางมีธาตุอาหารที่เพียงพอต่อสัตว์น้ำ (Fig. 2)



Cyano = Cyanophyta , Chloro = Chlorophyta , Eugle = Euglenophyta , Bacil = Bacillariophyta , Pyrrho = Pyrrhophyta , Chry = Chrysophyta , Cryp = Cryptophyta , PCyp = *Cylindrospermopsis philippinensis* , PPed = *Peridiniopsis* sp. , PPer = *Peridinium* sp. , T-PP = Total PP , Zol = *Polyarthra* , ZNau = Nauplius larva , ZAsp = *Asplanchna* , T-ZP = Total ZP

Fig. 2 Principal component analysis scatter plot between species and phytoplankton and zooplankton and water quality factors in Mae Jang Reservoir between February 2021 and March 2022

สรุป

การศึกษาพลวัตประชากรแพลงก์ตอนและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำแม่จาง กฟผ.แม่เกาะ จังหวัดลำปาง นั้นพบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่พบในปริมาณที่มากที่สุด ได้แก่ ดิวิชัน Cyanophyta จากที่พบทั้งหมด 7 ดิวิชัน รองลงมาได้แก่ Pyrrhophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Cryptophyta และ Chrysophyta แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบ ได้แก่ *Peridiniopsis* sp., *Peridinium* sp. และ *Trachelomonas volvocina* ตามลำดับ ในส่วนของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในปริมาณมากที่สุด ได้แก่ Phylum Rotifera (*C. Monogononta*) จากที่พบทั้งหมด 3 Phylum รองลงมา ได้แก่ Phylum Arthropoda (Cladocera, Copepoda) และ Phylum Protozoa ซึ่งแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดเด่นที่พบ คือ *Polyarthra* , *Tintinnopsis* sp. และ Nauplius larva ตามลำดับ องค์ประกอบชนิด

อาหารในกระเพาะของปลาที่พบแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ ปลาแก้มขี้ ปลาช่า ปลาตะเพียน และปลาหนามหลัง ตามลำดับ โดยคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำมีคุณภาพน้ำปานกลาง อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กฟผ.แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย และสถานที่ในการศึกษาทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จงกล พรมยะ. 2560. แพลงก์ตอนวิทยา. คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.
- นันทนา คชเสนี. 2544. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด, พิมพ์ครั้งที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. สาขาวิทยวิทยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ยุวดี พีรพรพิศาล, จีรพร เพกเกาะ, ดวงกมล โพธิ์หวั่งประสิทธิ์, ธนพล ทนคำดี, อติคุณ หงส์ศิริชาติ, ทัดพร คุณประดิษฐ์. 2550. การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL-PP Score. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 2: 71-81.
- ยุวดี พีรพรพิศาล. 2552. โครงการศึกษากาของสาหร่ายขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหาร และยา. <http://meesara.igetweb.com/news>, 8 กรกฎาคม 2557.
- รายงานฉบับสมบูรณ์ กฟผ. แม่เมาะ. 2555. โครงการโรงไฟฟ้าทดแทนโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 4-7 อาจส่งผลกระทบต่อความชุกชุม และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในลำน้ำแม่จาง และอ่างเก็บน้ำแม่เมาะ. ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง. 3-222. หน้า 3-138.
- โรงไฟฟ้าแม่เมาะ. 2552. คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำและคลองส่งน้ำเขื่อนแม่จางอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน 1 ต.ค. 2552. ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร. 2537. สาขาวิทยวิทยาประยุกต์. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิริลักษณ์ วลัยชัยเพียร, กรทิพย์ กันนิการ์. 2555. ชีววิทยาบางประการของปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) ในบ้านพะเยา. วารสารนเรศวรพะเยา 5: 290-295.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. แพลงค์ตอนพืช. ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- อุดมลักษณ์ สมพงษ์. 2560. คุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. ภาควิชาการประมง คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- APHA, AWWA, WPCF. 2012 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association. Washington, DC, USA.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis: A review of methods and their application. J. Fish Biol. 17: 411-429.
- Lorraine, L., Vollenweider, R. 1981. Summary Report, the OECD Cooperative Programme on Eutrophication. National Water Research Institute. Ontario, Canada.
- Prescott G.w. 1964. How to Know Fresh-water Algae. Brow Company Publishers. Iowa, IO, USA.
- Shannon, C.E., Weaver, W.W. 1963. The Mathematical Theory of Communications. University of Illinois Press. Illinois, LI, USA.

**สาขาส่งเสริมการเกษตร
และคหกรรมศาสตร์**

**(Subject: Agricultural Extension
and Home Economic)**

**ภาคบรรยาย
(Oral Presentation)**

ความรู้และทัศนคติต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma*) ของเกษตรกรในจังหวัดตรัง Knowledge and attitude toward *Trichoderma* usage of farmers in Trang province.

จอมทอง ชัยภักดี, กอบชัย วรพิมพงษ์*

Jomtong Chaiphakdee, Kobchai Worrapiumphong

สาขาวิชานวัตกรรมและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University,

Songkhla 90110, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: kobchai.w@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ศึกษา 1) ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร 2) ความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาของเกษตรกรในจังหวัดตรัง กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรผู้ผ่านการเรียนรู้การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา ปี 2562 ของจังหวัดตรัง จำนวน 280 ราย ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเป็นเครื่องมือวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 52.10 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 37.50 มีสมาชิกในครอบครัวเฉลี่ย 3.10 คน แรงงานภาคการเกษตรเฉลี่ย 2.08 คน ประสบการณ์ทำการเกษตรเฉลี่ย 18.36 ปี ถือครองพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 9.65 ไร่ มีการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเฉลี่ย 2.34 ไร่ เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในระดับมาก ที่คะแนนเฉลี่ย 10.89 จาก 15 คะแนน ภาพรวมทัศนคติของเกษตรกรต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาอยู่ในระดับมาก ที่คะแนนเฉลี่ย 3.67 จาก 5 คะแนน ผลการศึกษาเสนอว่าควรมีการปรับปรุงเนื้อหาการเรียนรู้เนื่องจากคะแนนความรู้บางด้านมีคะแนนต่ำ

คำสำคัญ: เกษตรกร, ความรู้, จังหวัดตรัง, เชื้อราไตรโคเดอร์มา, ทัศนคติ

Abstract

This study aimed to explore 1) farmers basic factors 2) knowledge and attitude toward *Trichoderma* usage among farmers in Trang province. The study sample were 280 farmers who have trained in *Trichoderma* producing workshop in 2019. Structured interview schedule was used for study tool and descriptive statistic was used for data analysed. The study showed that most of farmers were female with average age 52.10 years old, graduated in primary school (37.50%). Average family member was 3.10 people with labour force 2.08 people. Farmers had average 18.36 years in farming experience and held average farm area at 9.65 rais. *Trichoderma* was used in average area 2.34 rais. Finally, framers had *Trichoderma* knowledge in high level (average score 10.89 from 15) and had attitude toward *Trichoderma* usage in agree level (average score 3.67 from 5). The study suggested that should revise the workshop due to farmer earned low knowledge score in some aspects.

Keywords: Attitude, Farmer, Knowledge, Trang province, *Trichoderma*

คำนำ

กระบวนการผลิตพืชของเกษตรกรจะมุ่งเน้นในการเพิ่มผลผลิต โดยใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีทางการเกษตร เพื่อป้องกันความเสียหายของผลผลิตที่เกิดจากโรคและแมลง แม้ว่าสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรจะช่วยเพิ่มผลผลิตและลดความเสี่ยงการระบาดของโรค แต่การใช้สารเคมีที่ไม่ถูกต้องหรือมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภค ปัญหาสุขภาพที่เกิดขึ้นเนื่องจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นปัญหาใหญ่และรุนแรงมากของสังคมไทย โดยเฉพาะผลกระทบต่อเกษตรกร (กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2559) การหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในการทำเกษตรสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารสกัดจากพืช การคัดเลือกพันธุ์ต้านทานโรค รวมไปถึงการใช้ชีวภัณฑ์ ทำให้ผลผลิตที่ได้ปลอดสารพิษไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการใช้สารเคมีที่มีราคาแพง ปัจจุบันมีวิธีการดูแลพืชจากชีวภัณฑ์ โดยใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคพืชซึ่งเกิดจากเชื้อรา และสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืชได้ (สายทอง, 2555) จังหวัดตรังเป็นจังหวัดท่องเที่ยวที่สำคัญของภาคใต้ จากแผนพัฒนาจังหวัดตรัง พ.ศ. 2561–2565 และนโยบายของรัฐบาลในการพัฒนาเพื่อยกระดับความปลอดภัยในอาหาร ตามนโยบาย “ครัวไทยสู่โลก” จังหวัดตรังได้กำหนดประเด็นความปลอดภัยเป็นประเด็นหนึ่งในการพัฒนา เพื่อสนับสนุนนโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจในพื้นที่และส่งเสริมการท่องเที่ยว ทำให้ภาคการเกษตรมีบทบาทที่สำคัญในการผลิตอาหารปลอดภัย จึงได้จัดกระบวนการเรียนรู้การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา ตามโครงการศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ประจำปี 2562 ให้กับเกษตรกรทั่วทั้งจังหวัด การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร 2) ความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาของเกษตรกรที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา ตามโครงการศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ประจำปี 2562 ในพื้นที่จังหวัดตรัง ซึ่งคาดหวังที่จะนำผลการศึกษาไปเป็นข้อมูลเพื่อปรับปรุงการดำเนินโครงการส่งเสริมการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยมีวิธีการศึกษาและเครื่องมือที่ใช้ดังต่อไปนี้:

1) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ เกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร โดยจัดกระบวนการเรียนรู้ให้แก่เกษตรกรในการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา ประจำปี 2562 ในทุกอำเภอของจังหวัดตรัง รวมทั้งสิ้น 900 ราย (กลุ่มอารักขาพืช, 2562) กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการคำนวณของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และสัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 280 ราย ทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยใช้วิธีการจับฉลาก

2) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview schedule) มีเนื้อหาหลัก 3 ส่วน ได้แก่:

2.1) ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร

2.2) ความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา วิธีการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา และการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มา จำนวนทั้งหมด 15 ข้อ นำค่าคะแนนจากการทดสอบ

เกษตรกรมาจัดระดับความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาโดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ตามระดับคะแนน คือ น้อย (0.00–5.00 คะแนน) ปานกลาง (5.01–10.00 คะแนน) และ มาก (10.01–15.00 คะแนน)

2.3) ทศนคติต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาของเกษตรกร โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการเกษตร ด้านเศรษฐกิจ และด้านสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยคำถามเชิงนิมาน (เชิงบวก) และคำถามเชิงนิเสธ (เชิงลบ) ทั้งหมด 15 ข้อ ใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) แบ่งค่าคะแนนระดับทัศนคติเป็น 5 ระดับในการประเมินตามระดับคะแนน คือ น้อยที่สุด (1.00–1.80 คะแนน) น้อย (1.81–2.60 คะแนน) ปานกลาง (2.61–3.40 คะแนน) มาก (3.41–4.20 คะแนน) และ มากที่สุด (4.21–5.00 คะแนน)

ทดสอบความเที่ยงตรง (Content validity) ของแบบสัมภาษณ์โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ด้วยวิธี IOC ได้ค่าเฉลี่ยของแบบสัมภาษณ์ทั้งฉบับที่ 0.97 ก่อนปรับแก้ตามคำแนะนำ จากนั้นนำแบบสัมภาษณ์ไปทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.70 ซึ่งเป็นระดับที่มีความเชื่อถือได้ (Cronbach, 1990 อ้างถึง ในพวงรัตน์, 2540) ก่อนนำแบบสัมภาษณ์ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 280 ราย

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: นำข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์มาคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณหา ค่าความถี่ (Frequency) และค่าเฉลี่ย (Mean) รวมถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร ความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาและทัศนคติต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาของเกษตรกร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1) ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร

จากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรทั้งสิ้น 280 ราย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 59.29 อายุเฉลี่ย 52.10 ปี อายุต่ำสุด 23 ปี และอายุสูงสุด 71 ปี ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาสูงสุด คือ ประถมศึกษา ร้อยละ 37.50 จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.10 คน และมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นแรงงานในภาคการเกษตรเฉลี่ย 2.08 คน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 82.86 ไม่ได้ดำรงตำแหน่งทางสังคมในชุมชน แต่เป็นสมาชิกของกลุ่มองค์กรมากกว่าครึ่งหนึ่ง ร้อยละ 55.36 โดยส่วนใหญ่เป็นสมาชิกศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน (ศจช.) ร้อยละ 27.50 รองลงมาคือ วิชาחקชุมชน 18.21 กลุ่มส่งเสริมอาชีพ ร้อยละ 16.79 ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) ร้อยละ 14.29 กลุ่มแม่บ้านเกษตรกร ร้อยละ 8.57 กลุ่มสหกรณ์การเกษตร ร้อยละ 2.86 และอื่น ๆ ร้อยละ 0.71 ตามลำดับ เกษตรกรทุกคนเคยติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร โดยเป็นการติดต่อที่สำนักงานมากที่สุด ร้อยละ 82.86 และมีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเฉลี่ย 5.60 ครั้ง/ปี

ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจของเกษตรกรพบว่า เกษตรกรมีประสบการณ์ในการประกอบอาชีพทางการเกษตรเฉลี่ย 18.36 ปี ถือครองพื้นที่ทำการเกษตร (ปลูกพืช) ทั้งหมดเฉลี่ย 9.65 ไร่ ส่วนใหญ่ปลูกพืชผัก ร้อยละ 58.57 รองลงมาคือ ข้าว ร้อยละ 20.00 ไม้ผล ร้อยละ 13.21 พืชไร่ ร้อยละ 5.71 และยางพารา ร้อยละ 2.50 ตามลำดับ โดยมีการจ้างแรงงานในภาคการเกษตรเฉลี่ย 0.40 คน มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 8,116.50 บาท/ไร่/ปี ส่วนใหญ่เป็นทุนของตนเอง ร้อยละ 97.86 รองลงมาคือ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) ร้อยละ 13.57 สหกรณ์การเกษตร ร้อยละ 5.36 ญาติพี่น้อง ร้อยละ 3.93 กลุ่มออมทรัพย์ ร้อยละ 2.86 และกองทุนหมู่บ้าน ร้อยละ 1.43 ตามลำดับ ในส่วนของรายได้จากภาคการเกษตรพบว่า เกษตรกรมีรายได้จากภาคการเกษตรเฉลี่ย 119,944.25 บาท/ปี เกษตรกรได้รับความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ร้อยละ 99.64 รองลงมาคือ แผ่นพับ ร้อยละ 25.00 สื่อ

ออนไลน์/ Line/Facebook/YouTube ร้อยละ 15.36 เพื่อนเกษตรกร/เพื่อนบ้าน ร้อยละ 12.86 ไปสเตอร์ และอื่น ๆ เท่ากัน ร้อยละ 1.43 และโทรทัศน์ ร้อยละ 0.71 ตามลำดับ นอกจากนี้เกษตรกรมีพื้นที่ที่มีการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเฉลี่ย 2.34 ไร่

2) ความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา

คะแนนความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่ามีคะแนนความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาเฉลี่ย 10.89 คะแนน (Table 1) คะแนนต่ำสุด 5 คะแนน และคะแนนสูงสุด 15 คะแนน ซึ่งในภาพรวมพบว่าเกษตรกรมีความรู้ในระดับมาก

เมื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละด้านของความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา (Table 1) พบว่าในภาพรวมเกษตรกรตอบถูกร้อยละ 72.59 ตอบผิดร้อยละ 27.41 และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านขั้นตอนการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา เกษตรกรตอบถูกเฉลี่ยร้อยละ 76.57 และตอบผิดเฉลี่ยร้อยละ 23.43 ด้านขั้นตอนการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา เกษตรกรตอบถูกเฉลี่ยร้อยละ 72.57 และตอบผิดเฉลี่ยร้อยละ 27.43 และ ด้านขั้นตอนการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มา เกษตรกรตอบถูกเฉลี่ยร้อยละ 68.64 และตอบผิดเฉลี่ยร้อยละ 31.36

Table 1 Farmers' knowledge toward *Trichoderma*

Farmers' knowledge toward <i>Trichoderma</i>	Average score	Percentage of answer	
		Correct (%)	Incorrect (%)
<i>Trichoderma</i> producing process (5 points)	3.83	76.57	23.43
<i>Trichoderma</i> usage (5 points)	3.63	72.57	27.43
<i>Trichoderma</i> preservation (5 points)	3.43	68.64	31.36
Average	3.63	72.59	27.41
Total	10.89	217.78	82.22

จาก Table 1 เกษตรกรมีความรู้ด้านขั้นตอนการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มามากที่สุด เมื่อพิจารณาจากจำนวนคำถามที่เกษตรกรสามารถตอบได้ถูกต้อง (หรือคะแนนเฉลี่ยรายด้าน) อย่างไรก็ตามเกษตรกรมีความรู้ในประเด็นขั้นตอนการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มาต่ำที่สุด ซึ่ง จรัล และคณะ (2559) ศึกษาการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในนาข้าวพบว่าแม้เกษตรกรทุกคนจะเคยได้รับความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา โดยเฉพาะความรู้ที่ได้รับมาจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและเอกสารวิชาการที่เป็นแผ่นพับ แต่เกษตรกรบางส่วนยังมีความรู้ไม่ถูกต้องและตอบไม่ตรงค่าเฉลี่ย อันจะส่งผลให้เกษตรกรมีระดับความรู้แตกต่างกันในแต่ละด้าน ซึ่งเป็นประเด็นที่ควรนำไปปรับปรุงเนื้อหาการฝึกอบรมในอนาคต โดยเฉพาะด้านขั้นตอนการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในภาคการเกษตรให้กับเกษตรกรในจังหวัดตรงต่อไปในอนาคต

3) ทักษะติดต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาของเกษตรกร

ระดับทัศนคติของเกษตรกรต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (Table 2) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก 192 คน (ร้อยละ 68.57) รองลงมาคือ ระดับปานกลาง 82 คน (ร้อยละ 29.29) และระดับมากที่สุด 6 คน (ร้อยละ 2.14) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเกษตรกรร้อยละ 70.71 มีทัศนคติในระดับมากและมากที่สุด และไม่มีเกษตรกรที่มีระดับทัศนคติต่ำกว่าระดับปานกลาง

Table 2 Overview of farmers' attitude level toward *Trichoderma* usage

Farmers' attitude level	Number	Percentage
Strongly agree	6	2.14
Agree	192	68.57
Neither agree/disagree	82	29.29
Total	280	100.00

Table 3 แสดงให้เห็นภาพรวมและรายละเอียดของทัศนคติต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาของเกษตรกร โดยที่ภาพรวมของระดับทัศนคติของเกษตรกรต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.67 คะแนน สอดคล้องกับการศึกษาของ วิจิติภัทร และ สุพัตรา (2560) ในประเด็นระดับของความคิดเห็นที่มีต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราในนาข้าว ที่อยู่ในระดับมากเช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ และเมื่อพิจารณาทัศนคติต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มารายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนทัศนคติมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ข้อ 15) ควรสนับสนุนการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาให้แก่เกษตรกรแทนการใช้สารเคมี ค่าเฉลี่ย 4.64 คะแนน รองลงมาคือ ข้อ 14) การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มามีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งมีชีวิต ค่าเฉลี่ย 4.55 คะแนน และข้อ 2) วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาหาได้ง่ายในพื้นที่ ค่าเฉลี่ย 4.41 คะแนน สำหรับข้อที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนทัศนคติน้อยที่สุด 3 อันดับแรก คือ ข้อ 7) การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดต้องใช้ในปริมาณมากและเห็นผลช้ากว่าการใช้สารเคมี ค่าเฉลี่ย 2.34 คะแนน ถัดมาคือ ข้อ 10) ขั้นตอนและวิธีการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มามีความซับซ้อน ยุ่งยากกว่าการใช้สารเคมี ค่าเฉลี่ย 2.64 คะแนน และข้อ 11) เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดมีอายุในการเก็บรักษาสั้นเกินไป ค่าเฉลี่ย 2.76 คะแนน

Table 3 Farmers' attitude level toward *Trichoderma* usage.

Attitude toward <i>Trichoderma</i> usage	Mean	SD	Attitude level
Agriculture			
1) <i>Trichoderma</i> production is too much process and difficult.*	2.97	1.06	Neither**
2) Materials in <i>Trichoderma</i> production process are easy to find.	4.41	0.49	Strongly agree
3) <i>Trichoderma</i> leavening is difficult to find in local area.*	3.69	0.74	Agree
4) <i>Trichoderma</i> production process takes long time.*	3.47	0.91	Agree
5) <i>Trichoderma</i> usage in plot does not benefit enough.*	4.15	0.51	Agree
6) Regularly using of <i>Trichoderma</i> can reduce plant disease from fungi.	4.03	0.46	Agree
7) <i>Trichoderma</i> usage requires quantity of agent and it takes longer time than chemical agent.*	2.34	1.03	Disagree
8) <i>Trichoderma</i> is microbial pesticides which easy to use in every steps of plant growing.	3.96	0.37	Agree
9) <i>Trichoderma</i> usage in the plot requires much more time.*	3.13	0.99	Neither**

Attitude toward <i>Trichoderma</i> usage	Mean	SD	Attitude level
10) <i>Trichoderma</i> usage is too much process and complex than chemical usage.*	2.64	0.97	Neither**
11) <i>Trichoderma</i> agent has too short life.*	2.76	0.99	Neither**
<i>Average agriculture</i>	3.41	0.77	Agree
Economic			
12) Cost of <i>Trichoderma</i> production is not expensive.	4.29	0.45	Strongly agree
13) <i>Trichoderma</i> usage can reduce cost of plant disease protection.	4.09	0.29	Agree
<i>Average economic</i>	4.19	0.37	Agree
Environment			
14) <i>Trichoderma</i> usage is safe for producers consumers and other organisms.	4.55	0.50	Strongly agree
15) Should promote <i>Trichoderma</i> usage among farmers in order to replace chemical usage.	4.64	0.48	Strongly agree
<i>Average environment</i>	4.60	0.49	Strongly agree
<i>Total average</i>	3.67	0.68	Agree

*Negative statement, **Neither agree/disagree

เมื่อพิจารณาถึงรายด้านของทัศนคติต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาของเกษตรกรจะพบว่า เกษตรกรมีค่าเฉลี่ยคะแนนทัศนคติมากที่สุด 3 อันดับแรก ด้วยค่าเฉลี่ยแปลผลระดับทัศนคติมากที่สุดทั้ง 3 ข้อ และเป็นคำถามเชิงนิมานหรือคำถามเชิงบวก ประกอบด้วยด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 2 ข้อ ซึ่งรายละเอียดจะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและการสนับสนุนการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาและด้านการเกษตร 1 ข้อ ซึ่งในรายละเอียดของคำถามจะเป็นเรื่องวัสดุอุปกรณ์ในการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่เป็นอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในทุกพื้นที่อยู่แล้ว อาทิ ข้าวสารชนิดแข็ง หม้อหุงข้าว ถุงพลาสติก เข็ม หนัวยางหรือเชือก

ในขณะที่ค่าเฉลี่ยคะแนนทัศนคติน้อยที่สุด 3 อันดับแรกจะเกี่ยวข้องกับด้านการเกษตรทั้งหมดและเป็นคำถามเชิงนิเสธหรือคำถามเชิงลบต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ ขั้นตอนการใช้งาน และการเก็บรักษา โดยที่ระดับทัศนคติแปลผลประกอบด้วย น้อย 1 ข้อ และ ปานกลาง 2 ข้อ ซึ่งอาจพิจารณาเบื้องต้นได้ว่าเกษตรกรมีแนวโน้มจะไม่เห็นด้วยกับข้อความเชิงลบต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา

สรุป

กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรในการศึกษาทั้งสิ้น 280 ราย ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อยู่ในวัยทำงานช่วงกลางคนจนถึงใกล้เกษียณ (อายุเฉลี่ย 52.10 ปี) มีประสบการณ์ทำการเกษตรเกือบ 20 ปี (เฉลี่ย 18.36 ปี) มีระดับการศึกษาพื้นฐานขั้นต่ำ (ประถมศึกษา) ขนาดครอบครัวไม่ใหญ่มาก (เฉลี่ย 3.10 คน) และใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นส่วนใหญ่ (เฉลี่ย 2.08 คน) มีพื้นที่ถือครองทำการเกษตรพอประมาณ (เฉลี่ย 9.65 ไร่) และมีพื้นที่ทำการเกษตรที่มีการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาประมาณ

ร้อยละ 20 ของพื้นที่ทำการเกษตร (เฉลี่ย 2.34 ไร่) มีรายได้จากภาคการเกษตรเฉลี่ย 119,944.25 บาท/ปี เกษตรกรเกือบทั้งหมด (ร้อยละ 99.64) ได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร

ความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาพบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีความรู้ในระดับมาก มีคะแนนความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาเฉลี่ย 10.89 คะแนน จาก 15 คะแนนเต็ม อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาทางด้านของความรู้พบว่า เกษตรกรมีความรู้ด้านขั้นตอนการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มาต่ำที่สุด ในส่วนของทัศนคติพบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีทัศนคติต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.67 คะแนน จาก 5 คะแนน โดยทัศนคติด้านสิ่งแวดล้อมมีระดับมากที่สุด ส่วนทัศนคติด้านการเกษตรบางประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มามีทัศนคติระดับน้อยและปานกลาง ข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้คือ ควรมีการปรับปรุงวิธีการหรือหลักสูตรการให้ความรู้เกี่ยวกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาโดยเน้นที่กระบวนการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มาให้มากขึ้น เนื่องจากการศึกษาพบว่าเกษตรกรมีความรู้ด้านการเก็บรักษาเชื้อราไตรโคเดอร์มาต่ำกว่าด้านอื่นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ควรมีการสนับสนุนและเผยแพร่การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาออกไปสู่เกษตรกรรายอื่นหรือพื้นที่อื่น เนื่องจากระดับทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและการสนับสนุนการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพื่อทดแทนสารเคมีจากการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งระดับทัศนคติที่มากที่สุดนี้อาจจะช่วยให้เกษตรกรรายอื่นหรือในพื้นที่อื่นมีแนวโน้มที่จะมีทัศนคติเชิงบวกต่อเชื้อราไตรโคเดอร์มาเช่นเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้กรุณาให้คำแนะนำพร้อมข้อเสนอแนะและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ปี 2562 ของจังหวัดตรังทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล เพื่อให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มอารักขาพืช. 2562. การจัดการกระบวนการเรียนรู้ให้แก่เกษตรกรในการผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มา. คู่มือการปฏิบัติงานโครงการส่งเสริมการเกษตร ประจำปี 2562 สำนักงานเกษตรจังหวัดตรัง.
- กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. 2559. สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและผลกระทบต่อสุขภาพ. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. <http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/405>, 25 ธันวาคม 2562
- จรัส เข้มพล, สีนินุช คุรุฑเมือง แสนเสริม, ภรณ์ ต่างวิวัฒน์. 2559. การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในนาข้าวของเกษตรกรในจังหวัดสุโขทัย. ใน: รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. กำแพงเพชร, หน้า 559–567.
- ฐิติภัทร มีบุบผา, สุพัตรา ศรีสุวรรณ. 2560. ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราในนาข้าว อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 35: 35–43.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร. กรุงเทพฯ.
- สายทอง แก้วฉาย. 2555. การใช้ไตรโคเดอร์มาในการควบคุมโรคพืช. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 4: 108–123.
- Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3rd Edition. Harper and Row Publications. New York.

การส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์จากเชื้อ *Bacillus subtilis* TU 089 เพื่อการจัดการโรคพริก ของเกษตรกร ตำบลนางาม อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม

Application extension of microbial pesticides from *Bacillus subtilis* TU 089 for chili disease management of farmers in Na Ngam Sub-District, Renu Nakhon District, Nakhon Phanom Province

ศิริณี สมศรี^a, อารงเจต พัฒมุข^b, วนาลัย วิริยะสุธี^{b,*}

Siranee Somsri^a, Thamrongjet Puttamuk^b, Wanalai Viriyasuthee^{b,*}

^a นักศึกษาลัทธิศึกษาศาสตร์เกษตรศาสตร์มหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการทรัพยากรเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี 11120

^b วิชาเอกการจัดการการผลิตพืช แขนงวิชาการจัดการการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี 11120

^a Master of Agriculture (Agricultural Resources Management), School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand

^b Major of Plant Production Management, Department of Agricultural Management, School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: wanalai.vir@stou.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สภาพสังคม เศรษฐกิจของเกษตรกรและผลผลิตพริก 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคในการผลิตพริกและพื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริก 3) การปฏิบัติของเกษตรกรเกี่ยวกับการจัดการโรคพริก 4) ความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาที่สำคัญในการผลิตพริกและการป้องกันกำจัดโรคพริกของเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์ร่วมกับสารเคมี และเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม โดยใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรสองกลุ่มมีสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจที่เหมือนกัน เกษตรกรสองกลุ่มมีวิธีการป้องกันกำจัดโรคพริกที่ต่างกัน ปริมาณผลผลิตพริกเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริมมีปริมาณสูงกว่าเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมมีความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม ข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษานี้เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการวางแผนการผลิตพริกในอนาคต

คำสำคัญ: การควบคุมโรค, การควบคุมศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน, พริกชี้หนูผลใหญ่

Abstract

The objectives of this study were to study 1) the socio-economic conditions of farmers and chili productivity, 2) basic knowledge of disease prevention and control in chili production and diagnosis, 3) farmers' practices on chili disease management, and 4) farmer's opinions on important problems in chili production and chili disease prevention of farmers who have been promoted to use biological agents together with chemicals and farmers who are not encouraged. Data were obtained using a structured questionnaire, analyzed using descriptive statistics. The results indicated that farmers from both groups had the same social and economic conditions. Farmers between the two groups had different prevention of chili disease. Farmers who were not promoted to use biological agents was higher than farmers who were promoted. The promoted group had better knowledge about disease prevention and control than the non-promoted group. The information obtained from this study is beneficial to farmers in planning future chili production.

Keywords: Disease control, Integrated pest control, Large-chili peppers

บทนำ

พริกเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 167,443 ไร่ ผลผลิต 243,515 ตัน พริกที่ปลูกมากที่สุดคือพริกขี้หนูผลใหญ่ คิดเป็นมูลค่ากว่า 5,036.72 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2563) พริกถูกใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการประกอบอาหาร และยังนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และผลิตภัณฑ์รักษาโรค (ธัญญารัตน์ และคณะ, 2563) พริกจึงมีความต้องการจากผู้บริโภคในปริมาณที่มากจึงทำให้เกษตรกรสามารถทำรายได้จากพริกได้อย่างต่อเนื่อง (สุภาวดี, 2559) พริกที่ปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พริกขี้ฟ้า พริกขี้หนูผลใหญ่ พริกขี้หนูสวน พริกหยวก และพริกหวาน โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกพริกขี้หนูผลใหญ่ รวมถึงเกษตรกรจังหวัดนครพนม มีการผลิตพริกในช่วงหลังฤดูนาปี โดยเริ่มปลูกตั้งแต่เดือนตุลาคม และทำการเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมจนถึงกุมภาพันธ์ของทุกปี (สำนักงานเกษตรอำเภอเรณูนคร, 2563) เกษตรกรในอำเภอเรณูนครผลิตพริกเพื่อจำหน่ายในรูปของพริกผลดิบ ซึ่งเกษตรกรในพื้นที่ประสบกับปัญหาการระบาดของโรคโคนเน่าระดับคอคิน (*Pythium* sp.) ในระยะต้นกล้า โรคเหี่ยวเหี่ยว (*Ralstonia solanacearum*) ทุกระยะการเจริญเติบโตโดยเฉพาะระยะที่พริกเริ่มออกดอก โรคใบจุดตากบ (*Cercospora capsici*) ในระยะต้นโตกำลังออกดอก ออกผลและ โรคกุ้งแห้ง (*Collectotrichum capsici*) ในระยะเก็บเกี่ยวหรือผลพริกใกล้สุก (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2557) ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตพริก โดยการแก้ไขปัญหาของเกษตรกรมักใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดโรคเหล่านี้ ซึ่งพฤติกรรมของเกษตรกรในพื้นที่จะฉีดพ่นสารเคมีเป็นประจำในทุกระยะของการเจริญเติบโตของพริก ซึ่งส่งผลให้มีสารเคมีตกค้างในผลผลิต และต้นทุนการผลิตที่สูงมากขึ้น

ในปี พ.ศ. 2564 กรมส่งเสริมการเกษตร โดยสำนักงานเกษตรอำเภอเรณูนคร อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม ส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* TU 089 เพื่อควบคุมโรคพริก และลดการใช้สารเคมีของเกษตรกร สารชีวภัณฑ์ชนิดนี้เป็นแบคทีเรีย ที่พบได้ในดินหรือแหล่งน้ำมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม และมีความสามารถควบคุมโรคพืชที่มีสาเหตุจากเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคพืช เนื่องจากเชื้อ *B.subtilis* TU 089 สามารถเจริญเติบโตและครองพื้นที่บนผิวพืชได้ดีกว่าเชื้อสาเหตุโรคพืช จึงส่งผลให้เชื้อสาเหตุโรคพืชไม่สามารถเข้าทำลายได้ (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4, 2564) สุวิจักขณ์ และคณะ (2563) พบว่า *B.subtilis* TU 089 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย *Collectotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในพริก 85.55% เมื่อเปรียบเทียบกับสารคาร์เบนดาซิมซึ่งมีความสามารถการยับยั้งการเจริญของเส้นใย *C. capsici* 36.66% การใช้สารชีวภัณฑ์ร่วมกับสารเคมีในการป้องกันกำจัดโรค เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกร ลดการใช้สารเคมีและลดต้นทุนการผลิต การศึกษาการปฏิบัติของเกษตรกรในการใช้สารชีวภัณฑ์ร่วมกับสารเคมี รวมถึงปริมาณผลผลิตพริก ระดับความเข้าใจของเกษตรกร และปัญหาในการผลิตพริก ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญประกอบการตัดสินใจวางแผนการจัดการการผลิตพริกของเกษตรกร ช่วยเป็นแนวทางในการพัฒนาการส่งเสริมการผลิตพริกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาเรื่อง “การส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์จากเชื้อ *B.subtilis* TU 089 เพื่อควบคุมโรคพริกของเกษตรกร ตำบลนางาม อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม” สารชีวภัณฑ์จากเชื้อ *B.subtilis* TU 089 มีความสามารถควบคุมโรคพืชที่มีสาเหตุจากเชื้อราและแบคทีเรียสาเหตุโรคพืช เชื้อ *B.subtilis* TU 089 สามารถเจริญเติบโตและครองพื้นที่บนผิวพืชได้ดีกว่าเชื้อสาเหตุโรคพืช จึงส่งผลให้เชื้อสาเหตุโรคพืชไม่สามารถเข้าทำลายได้ (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4, 2564) การศึกษานี้ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยมีรายละเอียดวิธีการศึกษา ดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 20 คน คือ เกษตรกรผู้ผลิตพริกหลังฤดูทำนา ในพื้นที่ตำบลนางาม อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม ที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานเกษตรอำเภอเรณูนคร ปี 2564/65 ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง โดยกลุ่มที่ 1 คือ เกษตรกรกลุ่มที่ได้รับการส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์ร่วมกับสารเคมีและเป็นสมาชิกกลุ่มศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนที่เจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอเรณูนครส่งเสริมให้มีการใช้สารชีวภัณฑ์ (เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม) จำนวน 10 คน และกลุ่มที่ 2 คือ เกษตรกรกลุ่มที่ไม่ได้รับการส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์ร่วมกับสารเคมี (เกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม) จำนวน 10 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง (Questionnaire) ประกอบด้วยคำถามซึ่ง แบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สภาพสังคม เศรษฐกิจของเกษตรกรและผลผลิตพริก

ตอนที่ 2 ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคในการผลิตพริกและพื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริก

ตอนที่ 3) การปฏิบัติของเกษตรกรเกี่ยวกับการจัดการโรคพริก

ตอนที่ 4) ความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาที่สำคัญในการผลิตพริกและการป้องกันกำจัดโรคพริก

การทดสอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบแบบสอบถามกับเกษตรกรในอำเภอธาตุพนม จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของประชากรที่ศึกษา หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีของครอนบาคอัลฟา (Cronbach's alpha) (สุวิมล, 2555) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ 0.85 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และสังเคราะห์ข้อมูล ดังกล่าวในรูปของการพรรณนา ในส่วนข้อมูลความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคในการผลิตพริกและพื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริก ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคในการผลิตพริก และ (2) พื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริก โดยดูจากรูปภาพลักษณะอาการของโรคพริก โดยให้คะแนนข้อที่ตอบถูกเท่ากับ 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบเท่ากับ 0 คะแนน หลังจากนั้นรวมคะแนนรายบุคคล เพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจเป็น 5 ระดับ คือ (1) ได้คะแนน ร้อยละ 80-100 หมายถึง ระดับความเข้าใจ ดีมาก (2) ร้อยละ 70-79 หมายถึง ระดับความเข้าใจดี (3) ร้อยละ 60-69 หมายถึง ระดับความเข้าใจปานกลาง (4) ร้อยละ 50-59 หมายถึง ระดับความเข้าใจน้อย และ (5) ร้อยละ ≤ 50 หมายถึง ระดับความเข้าใจน้อยมาก และข้อมูลความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาที่สำคัญในการผลิตพริกและการป้องกันกำจัดโรคพริก ใช้แบบประเมินค่า (Rating scale) ของ Likert แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ 5 = สำคัญมากที่สุด/เห็นด้วยมากที่สุด 4 = สำคัญมาก/เห็นด้วยมาก 3 = สำคัญปานกลาง/เห็นด้วยปานกลาง 2 = สำคัญน้อย/เห็นด้วยน้อย และ 1 = สำคัญน้อยที่สุด/เห็นด้วยน้อยที่สุด อภิปรายผลโดยใช้เกณฑ์ความกว้างของอันตรภาคชั้น คือ คะแนน 4.21-5.00 หมายถึง มากที่สุด คะแนน 3.41-4.20 หมายถึง มาก คะแนน 2.61-3.40 หมายถึง ปานกลาง คะแนน 1.81-2.60 หมายถึง น้อย และคะแนน 1.00-1.80 หมายถึง น้อยที่สุด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สภาพทางสังคม เศรษฐกิจของเกษตรกรและผลผลิตพริก

เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ได้รับการส่งเสริม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 90) มีอายุเฉลี่ย 55 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 70) การถือครองที่ดินเป็นของตนเอง (ร้อยละ 90) พื้นที่สำหรับปลูกพริกเฉลี่ย 1 ไร่ต่อคน มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5 คน โดยเป็นแรงงานสำหรับผลิตพริกเฉลี่ย 1 คนต่อครอบครัว มีประสบการณ์การผลิตพริกเฉลี่ย 10 ปี เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมทั้งหมดเป็นสมาชิกกลุ่มศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน (ศจช.) และได้รับการเข้าฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้สารชีวภัณฑ์ *B. subtilis* TU 089 กับกรมส่งเสริมการเกษตร เกษตรกรจัดการป้องกันกำจัดโรค โดยการใช้สารชีวภัณฑ์ *B. subtilis* TU 089 อัตรา 1 ลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร รดในระยะกล้า และฉีดพ่นในระยะพริกเริ่มออกดอก เป็นประจำทุกๆ 7 วัน จนถึงระยะเก็บเกี่ยว การป้องกันกำจัดแมลง เกษตรกรใช้สารเคมี กลุ่ม อิมิดาโคลพริด หรือ อะบาเม็กติน อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นในระยะเจริญเติบโตทางลำต้น หรืออายุ 30-45 วันหลักปลูก โดยเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมสามารถผลิตพริกได้เฉลี่ย 1,396 กิโลกรัมต่อไร่ (Fig. 1)

เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้รับการส่งเสริม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 80) อายุเฉลี่ย 48 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 90) การถือครองที่ดินเป็นของตนเองทั้งหมด มีพื้นที่ปลูกพริกเฉลี่ย 1 ไร่ มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4 คน โดยเป็นแรงงานสำหรับผลิตพริกเฉลี่ย 2 คนต่อครอบครัว ประสบการณ์การผลิตพริก 10 ปี เกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม ป้องกันกำจัดโรคโดยการฉีดพ่นสารเคมี กลุ่ม แมนโคแซบ อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อพบว่ามีภาวะขาดรุนแรง การป้องกันกำจัดแมลง เกษตรกรใช้สารเคมี กลุ่มอิมิดาโคลพริดเบนโซเอต อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นในระยะกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยวทุกๆ 7 วันเป็นประจำ เกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริมสามารถผลิตพริกได้เฉลี่ย 1,761 กิโลกรัมต่อไร่ (Fig. 1)

เกษตรกรทั้งสองกลุ่มในพื้นที่ตำบลนางาม อำเภอธัญญนคร จังหวัดนครพนม มีสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจที่เหมือนกัน โดยเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีพื้นที่สำหรับผลิตพริกในฤดูแล้งเฉลี่ย 1 ไร่ และมีประสบการณ์ในการผลิตพริก 10 ปี ในการป้องกันกำจัดโรค เกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีวิธีการที่แตกต่างกัน โดยเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมใช้สารชีวภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดโรคพริกและ เกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริมใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคพริก ซึ่งปริมาณผลผลิตพริกเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม มีผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 1,396 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม มีผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 1,761 กิโลกรัมต่อไร่ (Fig. 1) ปริมาณผลผลิตพริกของเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริมมีปริมาณสูงกว่าเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม สอดคล้องกับการศึกษา การใช้สารชีวภัณฑ์ เชื้อราไตรโคเดอร์มาและเชื้อแบคทีเรียบาซิลลัสในการกำจัดศัตรูพริก ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,197 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งน้อยกว่าการสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพริก ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,264 กิโลกรัมต่อไร่ ในการผลิตพริกที่หุ้มผลใหญ่ ในจังหวัดร้อยเอ็ด (สุดารัตน์ และคณะ, 2558)

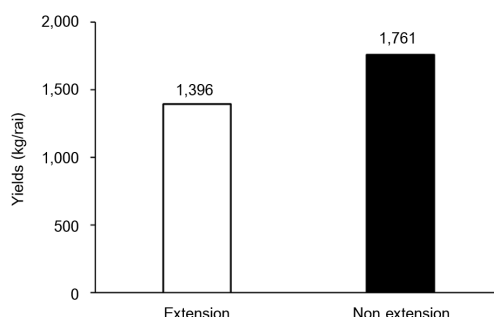


Fig. 1 Yield of chili by extension and non-extension farmer about application of microbial pesticides (*Bacillus subtilis* TU 089) for disease management.

ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคในการผลิตพริกและพื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริก

ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคในการผลิตพริก พบว่า เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ได้รับการส่งเสริม มีความเข้าใจอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 50) รองลงมาคือมีความเข้าใจในระดับดีมาก (ร้อยละ 40) และมีความเข้าใจในระดับน้อยมาก (ร้อยละ 10) โดยเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้รับการส่งเสริม มีความเข้าใจในระดับดี (ร้อยละ 40) รองลงมาคือมีความเข้าใจในระดับน้อยมาก (ร้อยละ 30) มีความเข้าใจในระดับปานกลาง (ร้อยละ 20) และมีความเข้าใจในระดับดีมาก (ร้อยละ 10) (Fig. 2A)

พื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริก พบว่า เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ได้รับการส่งเสริมทั้งหมดมีการพื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริกในระดับดีมาก (ร้อยละ 100) ในส่วนเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้รับการส่งเสริม มีพื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริกในระดับดีมาก (ร้อยละ 90) และมีพื้นฐานการวินิจฉัยโรคในระดับน้อยมาก (ร้อยละ 10) (Fig. 2B)

ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคในการผลิตพริกและพื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริกของเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ได้รับการส่งเสริม มีความเข้าใจมากกว่าเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้รับการส่งเสริม ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิบัติของเกษตรกรในการจัดการโรคพริก ซึ่งเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ได้รับการส่งเสริม มีการปฏิบัติในการควบคุมโรคหลากหลายวิธี เช่น การสำรวจโรคภายในแปลงปลูกเป็นประจำ การควบคุมความชื้นในดินไม่ให้มากเกินไป การกำจัดต้นที่พบการเข้าทำลายของโรค เป็นต้น ซึ่งเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้รับการส่งเสริม จะควบคุมโรคหลังจากการย้ายปลูกโดยใช้สารเคมีฉีดพ่นเป็นประจำ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมของเกษตรกรผู้ปลูกพริก ตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม ที่มีการควบคุมโรคพริกโดยใช้สารเคมี (ฤชอร และคณะ, 2557)

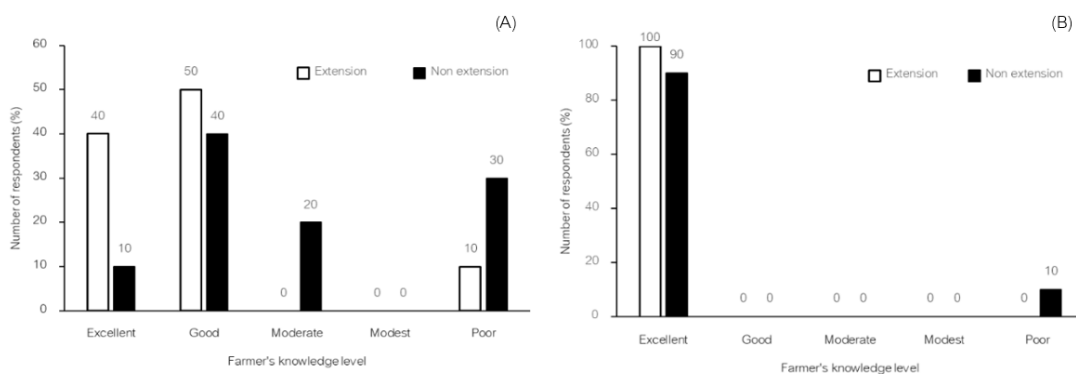


Fig. 2 Farmer's knowledge level in disease management (A) and general knowledge about the diagnosis of chili disease (B)

การปฏิบัติของเกษตรกรเกี่ยวกับการจัดการโรคพริก

การปฏิบัติของเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ได้รับการส่งเสริม เกี่ยวกับการจัดการโรคพริกที่ปฏิบัติทั้งหมด (ร้อยละ 100) ได้แก่ 1) การไถตากดินไว้ประมาณ 7 วัน แล้วไถพรวนอีก 1-2 ครั้ง 2) การหลีกเลี่ยงการปลูกพริกลงในพื้นที่พบการระบาดของโรคมาก่อน 3) การเลือกใช้พันธุ์ต้านทานโรค 4) การปลูกด้วยต้นกล้าที่มีอายุ 25-35 วัน และต้นกล้าปราศจากโรค 5) การกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ 6) การสำรวจโรคภายในแปลงปลูกเป็นประจำ 7) การใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำ 8) การใช้สารชีวภัณฑ์จากเชื้อ *B. subtilis* TU 089 9) การควบคุมความชื้นในดินไม่ให้มากเกินไป และ 10) การกำจัดต้นที่พบการเข้าทำลายของโรค (Table 1)

เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ได้รับการส่งเสริม มีการปฏิบัติในการผลิตพริก ดังนี้ ปลูกพริกในฤดูแล้ง ช่วงเดือนพฤศจิกายน พันธุ์พริกที่นิยมปลูก พันธุ์ซูปเปอร์ฮอท การเพาะกล้า เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม แซ่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยสารป้องกันเชื้อรา กลุ่ม เบนโนมิล อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร แล้วนำไปหยอดลงในถาดเพาะกล้า หลุมละ 1-2 เมล็ด ใช้

สารชีวภัณฑ์ *B. subtilis* TU 089 อัตรา 1 ลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร รดในระยะกล้า การเตรียมแปลงปลูก หลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี 1 สัปดาห์ เริ่มทำการไถตะ 1 ครั้ง ตากดินเป็นเวลา 7 วัน แล้วไถพรวน 1 ครั้ง โดยกรอแปลงปลูก ใส่ปุ๋ยรองพื้น ด้วยปุ๋ยมูลวัว อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำการคลุกปุ๋ยมูลวัวให้เข้ากับดิน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และโดโลไมท์ อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกพริก ปลูกเป็นแถวคู่ เมื่อต้นกล้าอายุ 25-35 วัน หรือมีความยาวต้น 15-20 เซนติเมตร ทำการย้ายปลูกลงแปลง โดยปลูก 1-2 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 30-45 เซนติเมตร ระหว่างแถว 70-85 เซนติเมตร คลุมดินด้วยฟางข้าว เมื่อพริกอายุ ประมาณ 20 วันหลังปลูก กำจัดวัชพืชโดยการดายหญ้า เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม ใส่ปุ๋ย จำนวน 4 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เมื่อพริกอายุ 15-20 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือ 46-0-0 หรือ 27-7-7 อัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว ครั้งที่ 2 เมื่อพริกอายุ 30-45 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25-30 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว ครั้งที่ 3 เมื่อพริกอายุ 50-60 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือ 13-13-21 อัตรา 30-40 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว และครั้งที่ 4 เมื่อพริกอายุ 90 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือ 13-13-21 อัตรา 30-40 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว การป้องกันกำจัดโรค เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมป้องกันกำจัดโรคโดยใช้สารชีวภัณฑ์ *B. subtilis* TU 089 อัตรา 1 ลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร รดในระยะกล้า และฉีดพ่นในระยะพริกเริ่มออกดอก เป็นประจำทุกๆ 7 วัน จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ร่วมกับการเดินสำรวจแปลงสม่ำเสมอ เมื่อพบต้นที่เป็นโรค เกษตรกรถอนและเผาทำลายทิ้ง เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมป้องกันกำจัดแมลงโดยใช้สารเคมี กลุ่ม อิมิดาโคลพริด หรือ อะบาเม็กติน อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นในระยะเจริญเติบโตทางลำต้น หรืออายุ 30-45 วันหลังย้ายปลูก ร่วมกับการใช้สารล่อแมลงและการเดินสำรวจแปลงสม่ำเสมอ

การปฏิบัติของเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้รับการส่งเสริม เกี่ยวกับการจัดการโรคพริกที่ปฏิบัติทั้งหมด (ร้อยละ 100) ได้แก่ 1) การไถตากดินไร่ประมาณ 7 วัน แล้วไถพรวนอีก 1-2 ครั้ง 2) การเลือกใช้พันธุ์ต้านทานโรค 3) การปลูกด้วยต้นกล้าที่มีอายุ 25-35 วัน และต้นกล้าปราศจากโรค 4) การกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ และ 5) การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชเป็นประจำทุกๆ 7-10 วัน (Table 1)

เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้รับการส่งเสริม มีการปฏิบัติในการผลิตพริก ดังนี้ ปลูกพริกในฤดูแล้ง ช่วงเดือนพฤศจิกายน พันธุ์พริกที่นิยมปลูก พันธุ์ซูปเปอร์ฮอท การเพาะกล้า เกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม แซ่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยสารป้องกันเชื้อรา กลุ่ม เบนโนมิล อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร แล้วนำไปหยอดลงในถาดเพาะกล้า หลุมละ 1-2 เมล็ด การเตรียมแปลงปลูก หลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี 1 สัปดาห์ เริ่มทำการไถตะ 1 ครั้ง ตากดินเป็นเวลา 7 วัน แล้วไถพรวน 1 ครั้ง โดยกรอแปลงปลูก ใส่ปุ๋ยรองพื้น ด้วยปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทำการคลุกปุ๋ยมูลไก่ให้เข้ากับดิน แล้วใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกพริก ปลูกเป็นแถวคู่ เมื่อต้นกล้าอายุ 25-35 วัน หรือมีความยาวต้น 15-20 เซนติเมตร ทำการย้ายปลูกลงแปลง โดยปลูก 1-2 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 45-50 เซนติเมตร ระหว่างแถว 80-100 เซนติเมตร เมื่อพริกอายุ ประมาณ 20 วันหลังปลูก กำจัดวัชพืชโดยการดายหญ้า เกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริมใส่ปุ๋ย จำนวน 5 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เมื่อพริกอายุ 7 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว ครั้งที่ 2 เมื่อพริกอายุ 20-30 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 40-50 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว ครั้งที่ 3 เมื่อพริกอายุ 45-50 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 40-50 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว ครั้งที่ 4 เมื่อพริกอายุ 60-70 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 40-50 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว และครั้งที่ 5 เมื่อพริกอายุ 90 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 40-50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว การป้องกันกำจัดโรค เกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริมป้องกันกำจัดโรคโดยใช้สารเคมี กลุ่ม แมนโคแซบ อัตรา 50 กรัม

ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นในระยะพริกเจริญเติบโตทางลำต้นถึงระยะเก็บเกี่ยว เป็นประจำทุกๆ 7 วัน ร่วมกับการเดินสำรวจแปลง เมื่อพบต้นที่เป็นโรค เกษตรกรถอนและเผาทำลายทิ้ง เกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม ป้องกันกำจัดแมลงโดยใช้สารเคมี กลุ่ม อีมาเม็กตินเบนโซเอต อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นในระยะกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยวทุกๆ 7 วันเป็นประจำ

การปฏิบัติของเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมและเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม เกี่ยวกับการจัดการโรคพริก มีความแตกต่างกัน เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมมีการจัดการป้องกันกำจัดโรคพริกตั้งแต่ระยะเพาะเมล็ด โดยใช้สารเคมีในการแช่เมล็ด และใช้สารชีวภัณฑ์ *B. subtilis* TU 089 ในการป้องกันในระยะกล้า ระยะออกดอก จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ส่วนเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริมมีการจัดการป้องกันกำจัดโรคพริกตั้งแต่ระยะเพาะเมล็ด ระยะเจริญเติบโตทางลำต้น จนถึงระยะเก็บเกี่ยวโดยใช้สารเคมี จึงส่งผลทำให้ผลผลิตของเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์ *B. subtilis* TU 089 มีปริมาณผลผลิตพริกน้อยกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม การใช้สารชีวภัณฑ์มีหลายปัจจัยที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดโรค โดยพบว่าเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมมีการใช้สารชีวภัณฑ์ *B. subtilis* TU 089 มีการเก็บรักษาสารชีวภัณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง ไม่มีการตรวจสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ก่อนนำไปใช้งาน และการปฏิบัติของเกษตรกรในการป้องกันกำจัดไม่ต่อเนื่อง จึงอาจส่งผลถึงปริมาณผลผลิตพริกได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ กฤติเดช และ ดุสิต (2559) พบว่าปริมาณเชื้อปฏิชีวนะภายในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์ชนิดผงมีปริมาณลดลงระหว่างการเก็บรักษา จากปริมาณเชื้อปฏิชีวนะตั้งต้น 10^{13} ลดลงเหลือ 10^{10} cfu/ml ภายใต้อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา

Table 1 Farmers' practice on chili disease management

No	Practices	Extension Farmer's practice (%)	Non-extension Farmer's practice (%)
1	Plowing and air-drying soil.	100	100
2	Soil conditioning with dolomite.	90	50
3	Avoid fields that have been spread with chili disease.	100	90
4	Use disease-resistant varieties.	100	100
5	Soak chili seeds with fungicide before planting.	90	80
6	Select the 25-35 day old seedlings that should be ready to be transplanted into the field.	100	100
7	Regular spacing between row and plant.	80	50
8	Weeds are removed to prevent disease accumulation.	100	100
9	Regular inspection of the field by walking.	100	90
10	Proper fertilizer application rate.	50	30
11	Use of biologics or antagonistic microorganisms as <i>Bacillus subtilis</i> TU 089.	100	0
12	Regular spraying of pesticides to prevent plant diseases even if the outbreak is not found.	0	80
13	Control the moisture in the soil.	100	60
14	Immediate removal of diseased plants, then buried or burned.	100	70
15	Crop rotation.	40	30
Grand mean		80.56	68.88

ความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาที่สำคัญในการผลิตพริกและการป้องกันกำจัดโรคพริก

เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ได้รับการส่งเสริมให้ความคิดเห็นในเห็นภาพรวมเกี่ยวกับปัญหาที่สำคัญในการผลิตพริกและการป้องกันกำจัดโรคพริกอยู่ในระดับปานกลาง (คะแนนเฉลี่ยรวม 2.98) โดยมีประเด็นที่เกษตรกรให้ความสำคัญของปัญหามากที่สุด ได้แก่ ด้านต้นทุนการผลิต เกษตรกรให้ความสำคัญระดับมาก ได้แก่ ด้านปัญหาโรคและแมลงระบาด เกษตรกรให้ความสำคัญระดับปานกลาง ได้แก่ 1) ด้านการกำจัดวัชพืช 2) ด้านความรู้จากหน่วยงานภาครัฐ และ 3) ด้านการจำหน่าย เกษตรกรให้ความสำคัญระดับน้อย ได้แก่ ด้านแหล่งปลูก/พื้นที่ปลูก และเกษตรกรให้ความสำคัญระดับน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านการปลูกและด้านการเก็บเกี่ยว (Table 2)

เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้รับการส่งเสริมให้ความคิดเห็นในเห็นภาพรวมเกี่ยวกับปัญหาที่สำคัญในการผลิตพริกและการป้องกันกำจัดโรคพริกอยู่ในระดับปานกลาง (คะแนนเฉลี่ยรวม 2.90) มีประเด็นที่เกษตรกรให้ความสำคัญของปัญหามากที่สุด ได้แก่ ด้านต้นทุนการผลิต เกษตรกรให้ความสำคัญระดับมาก ได้แก่ ด้านปัญหาโรคระบาด เกษตรกรให้ความสำคัญระดับปานกลาง ได้แก่ 1) ด้านการจำหน่าย 2) ด้านแมลงระบาด และ 3) ด้านการกำจัดวัชพืช เกษตรกรให้ความสำคัญระดับน้อย ได้แก่ 1) ด้านแหล่งปลูก/พื้นที่ปลูก 2) ด้านการเก็บเกี่ยว และ 3) ด้านความรู้จากหน่วยงานภาครัฐ และเกษตรกรให้ความสำคัญระดับน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านการปลูก (Table 2)

ความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาที่สำคัญในการผลิตพริกและการป้องกันกำจัดโรคพริก เกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีปัญหาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตมีราคาสูง การใช้สารชีวภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดโรคเป็นหนึ่งในแนวทางการลดต้นทุนในการผลิตพริก จึงควรส่งเสริมและพัฒนาการใช้สารชีวภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการปฏิบัติของเกษตรกร

Table 2 Farmers' opinions on the chili production and chili disease management problems.

No	Problems	Assessment	
		Extension Average \pm S.D.	Non extension Average \pm S.D.
1.	Planting area	2.00 \pm 1.25	2.50 \pm 1.18
2.	Crop production	1.60 \pm 1.32	1.40 \pm 1.30
3.	Weed control	3.18 \pm 1.49	2.70 \pm 1.49
4.	Disease epidemic	3.80 \pm 1.55	3.70 \pm 1.50
5.	Insect epidemic	3.90 \pm 1.45	3.00 \pm 1.62
6.	Harvest	1.60 \pm 1.48	2.50 \pm 0.82
7.	Factors of production are expensive	4.80 \pm 0.42	4.60 \pm 1.26
8.	Distribution	2.90 \pm 0.48	3.20 \pm 0.52
9.	Knowledge from government agencies	3.00 \pm 1.60	2.50 \pm 1.20
Grand mean		2.98 \pm 1.22	2.90 \pm 1.20

Scores: 5–4.21 = Highest, 4.20–3.41 = High, 3.40–2.61 = Moderate, 2.60–1.81 = Low, and 1.80–1.00 = Lower

สรุป

เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมให้ใช้สารชีวภัณฑ์ร่วมกับสารเคมี และเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม ในพื้นที่ตำบลนางาม อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม มีสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจที่ไม่แตกต่างกัน เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมมีปริมาณผลผลิตพริกน้อยกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคในการผลิตพริกและ

พื้นฐานการวินิจฉัยโรคพริกของเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริม มีความเข้าใจดีกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริม ในการปฏิบัติของเกษตรกรเกี่ยวกับการจัดการโรคพริกมีการปฏิบัติที่แตกต่างกัน เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมมีการใช้สารชีวภัณฑ์ร่วมกับสารเคมี ในระยะเพาะกล้า ระยะออกดอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว และเกษตรกรที่ไม่ได้รับการส่งเสริมใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคในทุกระยะของการเจริญเติบโต ความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาที่สำคัญในการผลิตพริกและการป้องกันกำจัดโรคพริก เกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีปัญหาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตมีราคาสูง ทั้งปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพริกที่มีราคาแพง จากการศึกษา การส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์จากเชื้อ *B. subtilis* TU 089 มีผลต่อปริมาณผลผลิตพริกที่ลดลง การพัฒนาวิธีการส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์ให้เกษตรกรมีความเข้าใจในการปฏิบัติ การเก็บรักษา รวมถึงกลไกการทำงานของสารชีวภัณฑ์ เป็นแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรจะประสบความสำเร็จในการป้องกันกำจัดโรคในการผลิตพริก ซึ่งการใช้สารชีวภัณฑ์ในการผลิตพริกส่งผลถึงความปลอดภัยของผลผลิต เกษตรกร และสิ่งแวดล้อม และเป็นแนวทางการลดต้นทุนการผลิตพริก

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสำนักงานเกษตรอำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการจัดการการผลิตพริกในพื้นที่ รวมถึงการอำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่ในการกรอกแบบสอบถาม และขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกพริกในอำเภอเรณูนคร ที่ให้ความร่วมมือและอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2563. สถานการณ์การผลิตพริก. <https://www.doa.go.th/hort/wpcontent/uploads/2020/10.pdf>, 10 สิงหาคม 2565.
- กฤติเดช อนันต์, ดุสิต อธิวุฒินันท์. 2559. การพัฒนาชีวภัณฑ์จาก *Bacillus subtilis* TU-Orga1 เพื่อควบคุมโรคที่สำคัญของผักคะน้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24: 795–812.
- ธัญญารัตน์ ตาอิน๊ะ, ญาณิศา แสงสอดแก้ว, วันวิสา ใจราช, สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2563. พริกเรดชันอีสถาน พริกพันธุ์ดี ผู้การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารสุขภาพ. วารสารแก่นเกษตร 48: 313–322.
- ปฏิมาพร ปลอดภัย. 2551. การใช้เชื้อ *Bacillus* spp. ในการควบคุมโรคของพริกที่เกิดจากเชื้อราบางชนิดโดยชีววิธี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <https://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2010/5919>, 20 สิงหาคม 2565.
- ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช. 2563. แบคทีเรีย *Bacillus subtilis*. เอกสารวิชาการ. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุดารัตน์ โชคแสน, นาฎญา ไสภา, เพียว พรหมพันธุ์ใจ, อธิพิล บังพรม, สุชาติ คำอ่อน, มัทนา วานิชย์. 2558. การทดสอบเทคโนโลยีการผลิตพริกแบบผสมผสานในฤดูแล้งจังหวัดร้อยเอ็ด. ใน: รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2558. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์. กรุงเทพฯ. <https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/pdf>, 15 สิงหาคม 2565.
- สุภาวดี ขุนทองจันทร์. 2559. ต้นทุนผลตอบแทนของเกษตรกรผู้ปลูกพริกพื้นเมืองหัวเรือในเชิงเศรษฐกิจและสังคม. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร 36: 169–185.

- สุวิจักขณ์ สมจินดา, ดุสิต อธิโนวัฒน์, วิลาวรรณ เชื้อบุญญ. 2563. ประสิทธิภาพและการจำแนกชนิดของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการควบคุมเชื้อ *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในพริก. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี 1: 78–83.
- สุวิมล ตีรกันันท์. 2555. การวิเคราะห์ตัวแปรพหูในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเกษตรอำเภอเรณูนคร. 2563. แผนพัฒนาการเกษตรระดับตำบลนางาม อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม กรมส่งเสริมการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 2557. คู่มือศัตรูพริก. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด สาขา 4. นนทบุรี.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 4. 2564. การจัดการความรู้ การใช้ *Bacillus subtilis* เพื่อการผลิตพืช. เอกสารวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. <http://www.oard4.org/region4/index.php/2017-10-08-07-02-15/381-21-09-64.html>, 15 สิงหาคม 2565.
- ฤชอร วรณะ, งามจิตร เต็มสัตย์, พรรณทิวา กว้างเงิน. 2557. พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกพริก ตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม. ใน: รายงานการประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 420–426.

การผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรของตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด

Mangosteen production on good agricultural practice of farmers in Bo Phloi Sub-District, Bo Rai District, Trat Province

ธัญชนก โต๊ะถม^{a,*}, สินีช คุรุชเมือง แสนเสริม^a, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ^a

Thunchanok Tothom^{a,*}, Sineenuch Khrutmuang Sanserm^a, Benchamas Yooprasert^a

^aสาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

^aAgricultural Extension and Development School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: thunchanoktothom1983@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด โดยศึกษาเหตุผลในการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ความรู้ในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ตัดสินใจเข้าร่วมโครงการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) เพราะผลผลิตมีคุณภาพดี ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และขายได้ราคาสูงขึ้น และเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: การผลิตมังคุด, การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี, จังหวัดตราด

Abstract

In this study, Mangosteen Production on Good Agricultural Practice of Farmers in Bo Phloi Sub-District, Bo Rai District, Trat Province. The objectives of this study were to study reasons for decision to attend the Good Agricultural Practice (GAP) for Mangosteen Production Project and farmers' knowledge in Good Agricultural Practice for Mangosteen Production. Data was collected by structural interview. Results of the study showed that most farmers decide to attend the Good Agricultural Practice Project due to their produces were in good quality, safe for consumers, and higher yield price and most of the farmers had knowledge in the GAP for mangosteen production at a high level.

Keywords: Good Agricultural Practice, Mangosteen production, Trat Province

บทนำ

มังคุดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ได้รับฉายาว่า ราชีนีแห่งผลไม้ (Queen of Fruits) ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้นำด้านการผลิตและส่งออกมังคุดของโลก โดยในแต่ละปีสามารถส่งออกมังคุดไปยังตลาดต่างประเทศทั้งผลสดและแช่แข็ง คิดเป็นมูลค่ามากกว่าพันล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ซึ่งในปัจจุบันตลาดส่งออกมังคุดมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นและมีการเปิดตลาดใหม่ในหลายประเทศ ทำให้มีความต้องการซื้อมังคุดคุณภาพดีเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ราคาผลผลิตคุณภาพดีสูงกว่าราคาผลผลิตด้อยคุณภาพ 3–4 เท่า มังคุดที่จำหน่ายในประเทศ ผลผลิตส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำและมีการขายแบบคละเกรด ทำให้ราคาตกต่ำและยังทำให้ผู้บริโภคไม่มีความมั่นใจในการเลือกซื้อมังคุด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) ประเทศไทยมีการพัฒนาการผลิตมังคุดที่สำคัญ โดยดำเนินการภายใต้ยุทธศาสตร์ผลไม้ไทย ปี 2558–2562 มีเป้าหมายที่สำคัญคือ เป็นผู้นำในการผลิตและการส่งออกมังคุดคุณภาพในตลาดโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

จังหวัดตราดเป็นจังหวัด 1 ใน 5 จังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตมังคุดที่สำคัญของไทย มีพื้นที่ปลูกมังคุดในปี 2560 จำนวน 38,790 ไร่ เนื้อที่ให้ผล จำนวน 35,047 ไร่ ผลผลิตรวม 24,603 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 702 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) มีการดำเนินงานโครงการพัฒนาคุณภาพมาตรฐานสินค้าเกษตร (GAP) โดยมีแนวคิดที่จะก่อตั้งหมู่บ้าน GAP ตัวอย่างขึ้น เพื่อให้เป็นแบบอย่างในการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช (GAP พืช) โดยเริ่มจากพืชมังคุดในพื้นที่ตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด เป็นแห่งแรก เนื่องจากในตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด มีเกษตรกรผู้ผลิตมังคุดรวมกลุ่มกันจัดตั้งเป็นกลุ่มปรับปรุงคุณภาพมังคุด มีเป้าหมายเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับกลุ่มและสร้างอำนาจในการต่อรองกับพ่อค้าคนกลาง ตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ เป็นพื้นที่ปลูกมังคุดที่สำคัญแห่งหนึ่งในจังหวัดตราด มีพื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณ 1,197 ไร่ ผลผลิตรวม 953.6 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 800 กิโลกรัมต่อไร่ มีเกษตรกรขึ้นทะเบียนผู้ปลูกมังคุด จำนวน 337 ราย และผ่านการตรวจรับรองแปลง GAP มังคุดจำนวน 67 ราย (สำนักงานเกษตรอำเภอบ่อไร่, 2557) ซึ่งพบว่าเกษตรกรที่ผ่านการตรวจรับรองแปลง GAP มังคุดมีจำนวนน้อย โดยภาพรวมยังมีปัญหาราคาผลผลิตตกต่ำ จึงมีความจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพผลผลิตให้ตรงตามความต้องการของตลาด และส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกมังคุด ดำเนินการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับมังคุด (GAP) เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด และผลผลิตมีราคาสูงขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา เรื่องการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด เหตุผลในการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการ ความรู้ในการผลิตมังคุดคุณภาพ ตลอดจนปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกร เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาให้เกษตรกรผลิตสินค้าเกษตรตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agriculture Practices: GAP) ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ เกษตรกรผู้ผลิตมังคุดในตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด ที่ขึ้นทะเบียนผู้ปลูกมังคุด ปี 2565 จำนวน 307 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเลือกตัวอย่างอย่างง่าย กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ Taro Yamane ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 0.05 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 174 คน

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1) ความรู้ในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี 2) การผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และ 3) ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรผู้ผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

หาค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) ตามวิธีของ Cronbach's Alpha โดยได้ค่าความเชื่อถือของการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี และปัญหาของเกษตรกร เท่ากับ 0.930 และ 0.937 โดยให้อาจารย์ที่ปรึกษาและเกษตรกรผู้ผลิตมังคุด จำนวน 20 คน แล้วทำการตรวจสอบความสมบูรณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยประสานงานกับเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอไร่ เพื่อนัดหมายลงพื้นที่สัมภาษณ์ เริ่มดำเนินการสัมภาษณ์ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ และการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์ข้อมูลความรู้ในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี วิเคราะห์โดยหาค่าความถี่ และค่าร้อยละ กำหนดเกณฑ์การประเมินระดับความรู้ มี 3 ระดับ ดังนี้ 1-5 ข้อ มีความรู้ในระดับน้อย 6-10 ข้อ มีความรู้ในระดับปานกลาง และ 11-15 ข้อ มีความรู้ในระดับมาก ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert) วิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (เพ็ญแข และคณะ, 2551) โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 2.34-3.00 หมายถึง ปฏิบัติทุกครั้ง 1.67-2.33 หมายถึง ปฏิบัติบางครั้ง และ 1.00-1.66 ปฏิบัตินานๆ ครั้ง สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลปัญหาในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีแบบมาตราส่วน โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 2.34-3.00 หมายถึง มีปัญหาระดับมาก 1.67-2.33 หมายถึง มีปัญหาระดับปานกลาง และ 1.00-1.66 มีปัญหาระดับน้อย

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ในการนำเสนอผลการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ของเกษตรกรในตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด แบ่งการนำเสนอเป็น 3 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความรู้ในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร

เกษตรกร ร้อยละ 83.2 มีระดับความรู้ในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 12.6 คะแนน โดยเกษตรกรมีความรู้ในเรื่องเกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับมังคุด คือ การทำการเกษตรที่ควบคุมการผลิตทุกขั้นตอน เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค การผลิตมังคุดต้องปลอดภัยจากศัตรูพืชและสารพิษตกค้าง และสถานที่เก็บสารเคมีต้องสะอาด อากาศถ่ายเท และเก็บเป็นหมวดหมู่ โดยได้รับความรู้จากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร สอดคล้องกับ นิตยา (2552) พบว่า เกษตรกร ร้อยละ 68.2 มีระดับความรู้ในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีอยู่ในระดับมาก โดยมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 11.09 คะแนน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาคำถาม พบว่า

เกษตรกรทั้งหมดตอบถูกจำนวนมากที่สุด 3 ประเด็น ได้แก่ เกษตรกรที่ดีที่เหมาะสมสำหรับมังคุด คือ การทำการเกษตรที่ควบคุมการผลิตทุกขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค ต้องผลิตมังคุดให้ปลอดภัยจากศัตรูพืชและสารพิษตกค้าง และสถานที่เก็บสารเคมีทางการเกษตรต้องสะอาดอากาศถ่ายเทสะดวกกันแดดกันฝนแยกเก็บเป็นหมวดหมู่มีป้ายแสดงชัดเจน เหตุที่เกษตรกรตอบคำถามทั้ง 3 ประเด็นได้มากที่สุดอาจเป็นเพราะเกษตรกรได้ปฏิบัติงานในด้านนี้เป็นประจำ ทำให้ทราบว่าเป็นข้อกำหนดในการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี และเกษตรกรส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการผลิตมังคุดค่อนข้างมาก และเคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการผลิตมังคุด GAP มาแล้ว สอดคล้องกับ กนกพร และคณะ (2563) พบว่า เกษตรกรมีความต้องการความรู้ในการผลิตมังคุดในเรื่องการกำหนดมาตรฐานการผลิต และเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบรับรองสินค้าที่สามารถทำได้หรือเป็นที่ต้องการของตลาด โดยเฉพาะความรู้ที่ถูกต้องในการผลิตมังคุดตามมาตรฐาน GAP

การผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร

การผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ประกอบด้วย การจัดการสุขลักษณะสวน การจัดการเครื่องมือและอุปกรณ์การเกษตร การจัดการปัจจัยการผลิต การปฏิบัติและควบคุมการผลิต และการบันทึกและควบคุมเอกสารสามารถอธิบายได้ ดังนี้

การจัดการสุขลักษณะสวน พบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ในด้านการจัดการสุขลักษณะสวนในระดับปฏิบัติทุกครั้ง โดยมีการปฏิบัติทุกครั้งมากที่สุด 2 ประเด็น ได้แก่ การแยกสถานที่เก็บสารเคมีทางการเกษตรไว้ห่างจากที่พัก สถานที่ประกอบอาหาร และแหล่งต้นน้ำ หรือบริเวณที่น้ำไหลผ่าน และการอ่านฉลาก คำแนะนำ วิธีการใช้สารเคมีก่อนปฏิบัติการ ส่วนประเด็นที่มีการปฏิบัติทุกครั้งน้อยที่สุด คือ การเผาทำลาย กิ่งพืชที่มีโรคภายนอกแปลงปลูก อาจเป็นเพราะเกษตรกรเห็นว่าเสียเวลา จึงมีการปฏิบัติน้อยกว่าประเด็นอื่น ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรทำความเข้าใจกับเกษตรกรให้เห็นถึงความสำคัญของการกำจัดโรคพืช เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อสวนมังคุด

การจัดการเครื่องมือและอุปกรณ์การเกษตร พบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในด้านการจัดการเครื่องมือและอุปกรณ์การเกษตรในระดับปฏิบัติทุกครั้ง โดยมีการปฏิบัติทุกครั้งมากที่สุด คือ การตรวจสอบสภาพเครื่องมือและอุปกรณ์การเกษตรก่อนนำไปใช้งาน ส่วนประเด็นที่มีการปฏิบัติทุกครั้งน้อยที่สุด คือ การตรวจสอบบำรุงเครื่องมือและอุปกรณ์การเกษตรตามแผนการบำรุงรักษาที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งบันทึกผลการตรวจสอบทุกครั้งในแบบบันทึก อาจเป็นเพราะเกษตรกรไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการจดบันทึกและทำให้เสียเวลา ดังนั้น เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรทำความเข้าใจกับเกษตรกรให้เห็นถึงความสำคัญของการจดบันทึก เพื่อประโยชน์ของตัวเกษตรกรเอง

การจัดการปัจจัยการผลิต พบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ในด้านการจัดการปัจจัยการผลิต ในระดับปฏิบัติบางครั้ง โดยมีการปฏิบัติบางครั้งมากที่สุด คือ การจัดทำรายงาน การใช้ปัจจัยการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ปุ๋ย สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแบบบันทึก ส่วนประเด็นที่มีการปฏิบัติบางครั้งน้อยที่สุด คือ หากปัจจัยการผลิตที่สำคัญได้แก่ ปุ๋ย สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชไม่สามารถตรวจสอบแหล่งที่มาได้ หรือไม่นำเชื้อถือ ท่านได้ส่งปัจจัยการผลิตนั้นไปตรวจวิเคราะห์ยังหน่วยงานที่เชื่อถือได้ อาจเป็นเพราะเกษตรกรไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการจดบันทึกเท่าที่ควร และเห็นว่าทำให้เสียเวลา

การปฏิบัติและควบคุมการผลิต พบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ในด้านการปฏิบัติและการควบคุมการผลิตในระดับปฏิบัติทุกครั้ง โดยมีการปฏิบัติทุกครั้งมากที่สุด คือ มีวัสดุรองพื้นในบริเวณที่ปลูกผลิตมังคุดที่เก็บเกี่ยวจากต้นเสร็จแล้ว ส่วนประเด็นที่มีการปฏิบัติทุกครั้งน้อยที่สุด คือ การคัดแยกผลมังคุดที่เสียหาย เนื้อแก้ว

ยางไหล หรือมีตำหนิจากโรคและแมลงไว้ต่างหาก อาจเป็นเพราะเกษตรกรเห็นว่าทำให้เสียเวลา และสิ้นเปลืองแรงงาน เพราะส่วนใหญ่มีการจำหน่ายผลผลิตให้แก่ผู้ส่งออกที่จตุรัส (ลัง) ซึ่งทางผู้รับซื้อจะมีการคัดแยกเกรดมังคุดเองอยู่แล้ว

การบันทึกและควบคุมเอกสาร พบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ในด้านการบันทึกและควบคุมเอกสารในระดับปฏิบัติบางครั้ง คือ มีการบันทึกการปฏิบัติงานสวนอย่างสม่ำเสมอ อาจเป็นเพราะเกษตรกรไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการจดบันทึกเท่าที่ควร และเห็นว่าทำให้เสียเวลา ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ผลิตมังคุดโดยอาศัยประสบการณ์และความชำนาญ ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรไปตรวจเยี่ยมอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้คำแนะนำในการจดบันทึกที่ถูกต้องและต่อเนื่อง

ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP)

ปัญหาในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) พบว่า ด้านสภาพพื้นที่/ดินและน้ำ ในภาพรวมเกษตรกรมีปัญหาในระดับปานกลาง แต่มี 1 ประเด็นที่มีปัญหาในระดับมาก คือ แหล่งน้ำไม่เพียงพอ สอดคล้องกับ จุฬามาศ (2561) พบว่า ปัญหาใหญ่ในช่วงฤดูร้อน โดยพื้นที่ทำสวนมังคุดต้องประสบภาวะน้ำแห้ง ไม่มีน้ำในการทำสวน ทั้งนี้สาเหตุที่เกษตรกรมีปัญหาเรื่องแหล่งน้ำไม่เพียงพอ เนื่องจากที่ผ่านมาประสบปัญหาภัยแล้ง

ข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) พบว่า ด้านสภาพพื้นที่/ดินและน้ำ เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการให้ภาครัฐแก้ปัญหาภัยแล้ง แหล่งน้ำไม่เพียงพอ ส่งผลให้ผลผลิตลดลงเป็นจำนวนมากด้านตลาด เกษตรกรหนึ่งในสามต้องการให้ภาครัฐมีมาตรการประกันราคา เพื่อป้องกันพ่อค้าคนกลาง ด้านแรงงานและต้นทุนการผลิต เกษตรกรเกือบครึ่งต้องการให้ภาครัฐแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และค่าจ้างแรงงานมีราคาแพง และด้านอื่น ๆ เกษตรกรเกือบครึ่ง ต้องการให้ภาครัฐสนับสนุนงบประมาณ แหล่งเงินทุนเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรที่ประสบปัญหาภัยแล้ง

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินและวิเคราะห์ผลการศึกษากิจการการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด พบว่า เกษตรกรมีระดับความรู้อยู่ในระดับมาก เนื่องจากเกษตรกรได้รับการส่งเสริมและการฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ในด้านการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี เกษตรกรให้ความสำคัญต่อคุณภาพผลผลิตมังคุดและราคาที่ขายได้ ทั้งนี้เกษตรกรควรให้ความสำคัญต่อการจดบันทึก เพื่อให้ทราบถึงต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตมังคุดที่แท้จริง ตลอดจนการเพิ่มเติมความรู้ การนำเทคโนโลยีใหม่ๆ การรวมกลุ่มและสร้างเครือข่ายให้เข้มแข็ง เพื่อผลิตมังคุดให้ได้คุณภาพ และได้รับรองมาตรฐาน รวมถึงช่วยลดต้นทุนในการผลิตมังคุด

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเป็นบุคคลที่ส่งเสริมให้เกษตรกรได้รับความรู้ในการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ดังนั้น การถ่ายทอดความรู้ ควรเน้นการพัฒนาเกษตรกรต้นแบบให้มีความรู้ ความสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง มีการติดตามประเมินผล และการอบรมพัฒนาความรู้ให้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้เป็นแบบอย่างในพื้นที่

และมีการถ่ายทอดความรู้ ด้วยการสาธิตจากผู้ประสบความสำเร็จสู่เกษตรกรในพื้นที่และพื้นที่ข้างเคียงต่อไป ควรมีการเพิ่มเจ้าหน้าที่ในการตรวจประเมินแปลงเบื้องต้นให้แก่เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการผลิตมังคุดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ให้ทันฤดูกาลผลิต และควรออกไปรับรองให้ทันเวลาเพื่อให้เกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์ได้ รวมถึงการส่งเสริมเรื่องการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตมังคุดของเกษตรกร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ผลิตมังคุดในตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด และเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอบ่อไร่ ที่ร่วมให้ข้อมูลและร่วมมือเป็นอย่างดี และขอบคุณอาจารย์ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กนกพร ทองรอด, พิชัย ทองดีเลิศ, และพัชราวดี ศรีบุญเรือง. 2563. ความต้องการรับบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกมังคุดโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ในอำเภอลำลูกกา จังหวัดชุมพร. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 38: 555-562.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. การผลิตมังคุดคุณภาพดี. http://www.edoae.go.th/km_56_2.pdf, 15 กุมภาพันธ์ 2566.

จุฑามาศ นิหะ. 2561. ผลิตภาพการผลิตมังคุดของเกษตรกรในอำเภอรามัน จังหวัดยะลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิตยา ส่อไทยสงค์. 2552. การยอมรับการใช้เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมังคุดของเกษตรกรตำบลสองพี่น้อง อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เพ็ญแข ศิริวรรณ และคณะ. 2551. สถิติเพื่อการวิจัย. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเกษตรอำเภอบ่อไร่. 2557. แผนพัฒนาการเกษตรประจำตำบล ตำบลบ่อพลอย ปี 2557.

<http://borai.trat.doae.go.th/body/borploy57.pdf>, 5 ธันวาคม 2565.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555.

http://www.oae.go.th/download/download_journal/commodity55.pdf, 5 ธันวาคม 2565.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถานการณ์และแนวโน้มสินค้าเกษตรที่สำคัญ ปี 2560.

http://www.oae.go.th/download/journal/agri_situation2560.pdf, 5 ธันวาคม 2565.

**ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร
ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ของเกษตรกร ในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง**
Factors relating to adoption of farmer information update through Farmbook Application
by farmers in Pho Thong District, Ang Thong Province

อานันท์ เจริมมงคล เบนจมาศ อยู่ประเสริฐ, บำเพ็ญ เขียวหวาน
Anan Choemmongkon, Benchamas Yooprasert, Bumpen Keowan

แขนงวิชาส่งเสริมการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี 11120
Agricultural Extension Program, School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat University,
Nonthaburi 11120, Thailand

*Corresponding author E-mail Address : 2639000252@stou.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกรผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนมากมีการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ในระดับน้อยที่สุด โดยมีตัวแปรอิสระที่มีผลเชิงบวกต่อการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ได้แก่ รายได้ แหล่งความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ความคิดเห็นเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล และมีตัวแปรอิสระที่มีผลเชิงลบต่อการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ได้แก่ อายุ

คำสำคัญ: การยอมรับ, การปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร, สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

Abstract

The objectives of this research were to study factors relating to adoption of farmer record improvement through digital farmer registration book by farmers in Pho Thong district of Ang Thong province Farmers used digital Farmbook registration of farmers in the area of Pho Thong district, Ang Thong province. The results of the research found out that most farmers adopted the record improvement of farmer registration through DOAE Farmbook at the lowest level. The positive independent variables toward the adoption of record improvement through DOAE Farmbook were such as income knowledge of update information by Farmbook application and the opinion about record improvement through DOAE Farmbook while the negative independent variables toward the adoption of record improvement through DOAE Farmbook were such as age and agricultural land ownership.

Keywords: Adoption, Farmer Record improvement, Farmbook Application

คำนำ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มอบหมายให้กรมส่งเสริมการเกษตรดำเนินการรับขึ้นทะเบียนเกษตรกร (ทบก.) โดยจัดทำฐานข้อมูลเกษตรกรเป็นรายครัวเรือน เพื่อทราบสถานการณ์การผลิตประกอบการวางแผนพัฒนาด้านการเกษตรของประเทศ รวมถึงการให้ความช่วยเหลือเกษตรกรและสนับสนุนการดำเนินงานตามนโยบายของรัฐบาลต่างๆ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559, น.1) กรมส่งเสริมการเกษตร จึงได้ดำเนินการ นำนวัตกรรมพัฒนาเกษตรกรไทยยุค 4.0 ที่นำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการเกษตร ซึ่งทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์ที่จากแอปพลิเคชัน DOAE Farmbook คือ เกษตรกรสามารถแจ้งปรับปรุงข้อมูลการประกอบกิจกรรมการเกษตรได้สะดวก ด้วยตนเองผ่าน Smart Phone โดยไม่ต้องเดินทางมาที่สำนักงานเกษตรอำเภอ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2561)

จากการดำเนินงานของกรมส่งเสริมการเกษตร จังหวัดอ่างทอง โดยสำนักงานเกษตรอำเภอโพธิ์ทอง จึงได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรดำเนินการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล และพบว่า มีเกษตรกรมีความสนใจในการใช้งานและใช้ประโยชน์ ในการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลเป็นจำนวนน้อย ซึ่งพบว่าจากจำนวนครัวเรือนเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับกรมส่งเสริมการเกษตร ในปี พ.ศ. 2564 จำนวน 26,760 ครัวเรือน (ข้อมูล ณ วันที่ 30 กันยายน 2564) มีการใช้งานและใช้ประโยชน์ปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เพียง 4,405 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 16.46 ของครัวเรือนเกษตรกรทั้งหมด (ข้อมูล ณ วันที่ 30 กันยายน 2564) สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาของการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

จากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว อาจมีผลกระทบต่อการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลมาใช้ ซึ่งจะมีผลต่อประโยชน์ที่เกษตรกรจะได้รับจากการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ของเกษตรกรในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง เพื่อนำผลการศึกษามาใช้กำหนดแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกร ปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ ประชากรที่ศึกษา คือ เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกร ในพื้นที่อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง ในปี 2564 จำนวนประชากร 6,484 ราย กำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.08 ได้ตัวอย่างจำนวน 153 ราย และทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย โดยการจับสลาก เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บ คือ แบบสัมภาษณ์ แบบมีโครงสร้าง สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. สภาพสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร

1) สภาพทางสังคม พบว่า เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกร ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 56.41 ปี จบการศึกษาประถมศึกษา มากที่สุด ส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม และไม่เป็นสมาชิกกลุ่ม/องค์กรเกษตรกร เกษตรกรมีโทรศัพท์เคลื่อนที่สมาร์ทโฟนร้อยละ 65.4 มีการใช้สมาร์ทโฟนทุกวัน และมีวัตถุประสงค์ในการใช้สมาร์ทโฟนเพื่อการสื่อสาร (พูดคุย) มากที่สุด

2) สภาพทางเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกร ส่วนใหญ่มีอาชีพหลัก คือ ประกอบอาชีพเกษตร และอาชีพรอง คือ รับจ้างทั่วไป มีการถือครองพื้นที่ทางการเกษตร ที่เป็นพื้นที่ของตนเอง น้อยกว่า 8 ไร่ มีรายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 68,732.03 บาทต่อปี รายได้นอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 29,491.50 บาทต่อปี มากกว่าครึ่งไม่มีหนี้สินในภาคการเกษตรและนอกภาคการเกษตร

2. ความรู้ แหล่งความรู้และความคิดเห็นเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

1) ความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

เกษตรกรร้อยละ 49.7 มีความรู้ในระดับมาก โดยเกษตรกร ร้อยละ 95.4 ในประเด็นสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ทำให้ภาครัฐมีข้อมูลครบถ้วน เป็นปัจจุบัน รองลงมาร้อยละ 94.8 มีความรู้ในประเด็นเกษตรกรสามารถดูประวัติการทำนาผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ทั้งนี้ เกษตรกรร้อยละ 5.9 มีความรู้น้อย โดยเกษตรกรเพียงร้อยละ 18.3 มีความรู้ในประเด็นสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้สำหรับการขึ้นทะเบียนเกษตรกร รองลงมาร้อยละ 23.5 มีความรู้ในประเด็นเกษตรกรสามารถใช้หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชนในการเข้าสู่ระบบสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

2) แหล่งที่ได้รับความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

เกษตรกรได้รับความรู้จากแหล่งความรู้ในภาพรวมในระดับน้อย โดยแหล่งความรู้ที่ได้รับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เกษตรกรได้รับจากสื่อบุคคลมากที่สุด รองลงมาคือ สื่อกิจกรรม สื่อออนไลน์ สื่อสิ่งพิมพ์ และสื่อมวลชน ตามลำดับ

3) ความคิดเห็นเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

พบว่าโดยภาพรวมเห็นด้วยกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลในระดับปานกลาง โดยเห็นด้วยในระดับมากที่สุด 2 ประเด็น ได้แก่ สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลช่วยให้การปรับปรุงทะเบียนเกษตรกรสะดวกสบายขึ้น และสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลช่วยให้การปรับปรุงข้อมูลเกษตรกร ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่เกษตรกรเห็นด้วยในระดับมาก มี 3 ประเด็น ได้แก่ สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลช่วยให้ทราบข้อมูลการขึ้นทะเบียนและการปรับปรุงข้อมูลเกษตรกร สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลช่วยให้สามารถติดตามผลการเข้าร่วมโครงการภาครัฐได้ง่ายขึ้น และสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลสามารถทำให้เกษตรกรวางแผนการผลิตในปีถัดไปได้ ตามลำดับ

3. การยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

เกษตรกรยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ในภาพรวมอยู่ในระดับน้อยที่สุด โดยเกษตรกรเพียงส่วนน้อยร้อยละ 20.9 ใช้เมนูการติดตั้งแอปพลิเคชัน การเข้าสู่ระบบ เมนูการแจ้งปลูกเมนูติดตามผล และเมนูติดตามสิทธิ รองลงมาเกษตรกรร้อยละ 20.3 ใช้เมนูสำรวจสมาชิก และเมนูตรวจสอบแปลงเกษตรกรจำนวนน้อยที่สุดร้อยละ 19.6 ใช้เมนูถ่ายภาพแปลง เมนูใบรายงานผล และเกษตรกรร้อยละ 15.7 ในเมนูเครื่องจักรกลการเกษตร จากผลการวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่าเกษตรกรมีการยอมรับนำไปปฏิบัติน้อย จึงกล่าวได้ว่าคนส่วนใหญ่ยังไม่ยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

4. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลพบว่า จากตัวแปรอิสระทั้ง 8 ตัวแปร พบว่ามีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ รายได้ และแหล่งความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล และมี 2 ตัว

แปรอิสระที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ อายุ และความคิดเห็นเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

Table 1 Multiple regression analysis of the relationship of variables with the Adoption of update information by Farmbook application (Y)

Independent variables	Coefficient regression (b)	t	Sig.
Constant	-0.610	-0.251	0.802
X ₁ = Gender	-0.058	-0.467	0.641
X ₂ = Age (year)	-0.126	-4.616**	0.000
X ₃ = Education level	-0.053	-0.648	0.518
X ₄ = Farming area (Rai)	-0.006	-0.478	0.633
X ₅ = Income (Bath)	0.0000072	2.016*	0.046
X ₆ = Knowledge of update information by Farmbook Application	-0.012	-0.104	0.918
X ₇ = Source of knowledge of update information by Farmbook Application	1.355	2.032*	0.044
X ₈ = Opinions of update information by Farmbook Application	2.606	7.708**	0.000

- Dependent variables
Y = The Adoption of Update Information by DOAE Farmbook Application

R² = 0.580 SEE = 2.613 F = 24.885 Sig. of F = 0.000

* The statistically significant level of 0.05, ** The statistically significant level of 0.01

5. ปัญหา และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

1) ปัญหาเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

เกษตรกรมีปัญหาเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาปัญหาในแต่ละด้าน พบว่ามีปัญหาในด้านการส่งเสริมการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เป็นปัญหามากที่สุด รองลงมาคือด้านคุณลักษณะของสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล และด้านการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ตามลำดับ

2) ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลของเกษตรกร

เกษตรกรเห็นด้วยกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ของเกษตรกรในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อเสนอแนะ พบว่า เกษตรกรเห็นด้วยกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับด้านการส่งเสริมการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล และด้านคุณลักษณะของสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ตามลำดับ

สรุป

1. ความรู้ แหล่งความรู้และความคิดเห็นเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

1) ความรู้ของเกษตรกร เกี่ยวกับแอปพลิเคชันสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรผ่านแอปพลิเคชันมีความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลในระดับมาก โดยมีความรู้ในประเด็นสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้สำหรับปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ซึ่งแตกต่างกับ ปัญญากรณ์ พุฒอินทร์ (2562, น.124) พบว่าในภาพรวมเกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับแอปพลิเคชันสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลในระดับปานกลาง

2) แหล่งความรู้ของเกษตรกร พบว่า แหล่งความรู้ที่เกษตรกรได้รับมากที่สุดคือสื่อบุคคล ส่วนใหญ่ได้รับจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและจากผู้นำชุมชน เนื่องจากมีเจ้าหน้าที่ส่งเสริมให้การส่งเสริมให้ความรู้กับเกษตรกรโดยตรง สอดคล้องกับ ปัญญากรณ์ พุฒอินทร์ (2562, น.125) พบว่า เกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อบุคคลมากกว่าสื่ออื่นๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้นำชุมชนเป็นที่รู้จักและมีความน่าเชื่อถือต่อเกษตรกรภายในชุมชนตนเองมากกว่าคนภายนอก สามารถให้ข้อมูลหรือคำแนะนำเกี่ยวกับเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลได้เป็นอย่างดี

3) ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

โดยภาพรวมเกษตรกรมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง เกษตรกรส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลช่วยให้การปรับปรุงข้อมูลเกษตรกรสะดวกสบายขึ้น

2. การยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้งาน การติดตั้งแอปพลิเคชัน เมนูการเข้าสู่ระบบ เมนูการแจ้งปลูกเมนูติดตามผล และเมนูติดตามสิทธิ์ มากที่สุด รองลงมา คือ เมนูสำรวจสมาชิก เมนูตรวจสอบแปลง เมนูถ่ายภาพแปลงเมนูใบรายงานผล และเมนูเครื่องจักรกลการเกษตร มีการใช้งานน้อยที่สุด จากผลการวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่าเกษตรกรมีการยอมรับนำไปปฏิบัติน้อย จึงกล่าวได้ว่าคนส่วนใหญ่ยังไม่ยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

3. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ปัจจัยที่มีต่อการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล พบว่า ตัวแปรอิสระ 4 ตัวแปร ได้แก่

1) รายได้

ผลการวิจัยพบว่า รายได้ เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ด้านหลักเกณฑ์และเงื่อนไข ด้านวิธีการและเอกสาร ที่ใช้และด้านระยะเวลาในการดำเนินงานการปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นั่นคือ เมื่อเกษตรกรมีรายได้ในครัวเรือนเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การยอมรับการปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลก็จะมากขึ้นไปด้วย อาจกล่าวได้ว่า การที่เกษตรกรสามารถเข้าร่วมโครงการหรือมาตรการต่างๆ ตามนโยบายและมาตรการต่างๆ ของภาครัฐทำให้รายได้เกษตรกรของครัวเรือนที่เพิ่มขึ้นมาจากรายได้ในภาคการเกษตร

2) แหล่งความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

ผลการวิจัยพบว่า แหล่งความรู้ เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล โดยเมื่อเกษตรกรมีแหล่งรับความรู้ ที่หลากหลาย ย่อมส่งผลต่อการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลเพิ่มขึ้น อาจกล่าวได้ว่า การที่เกษตรกรรับความรู้ได้หลายรูปแบบจะเพิ่มความเข้าใจ และใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3) ความคิดเห็นที่เกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

ผลการวิจัยพบว่า ความคิดเห็นที่เกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เกษตรกรเห็นด้วยกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล โดยเมื่อเกษตรกรเห็นประโยชน์ของสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ย่อมส่งผลให้เกิดการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับที่ Rogers (1983, p. 172) ได้กล่าวว่าการตัดสินใจที่จะนำนวัตกรรมนั้นไปใช้อย่างเต็มที่ เพราะนวัตกรรมนั้นเป็นวิถีทางที่ดีกว่าและมีประโยชน์มากกว่าการยอมรับของบุคคลเกิดขึ้นเป็นกระบวนการ

4) อายุ ผลการวิจัยพบว่า อายุ ของเกษตรกรที่มากขึ้นจะส่งผลให้การยอมรับการปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลก็จะน้อยลง สอดคล้องกับ วรพิน งามไฉ่ว (2557, น.36-37) ที่ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับนวัตกรรมหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของผู้บริโภคชาวไทย พบว่าอายุมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-book) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า เกษตรกรที่มีอายุน้อยมีความสามารถในการเข้าถึงและใช้เทคโนโลยีได้ดีกว่าเกษตรกรที่มีอายุมาก

4. ปัญหา ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

จากการศึกษาปัญหาข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล พบว่า

1) ปัญหาเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล โดยภาพรวม พบว่าเกษตรกรมีปัญหาในระดับมาก โดยมีปัญหาด้านการส่งเสริมการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลเป็นปัญหาระดับต้น ได้แก่ เกษตรกรขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เกษตรกรได้รับการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลน้อย ขาดการส่งเสริมการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล สื่อในการส่งเสริมการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลเข้าใจยาก และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ยังขาดการประชาสัมพันธ์การใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล

2) ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เห็นด้วยกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล คือ ควรใช้วิธีการส่งเสริมการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลให้หลากหลายวิธีผสมผสานกัน ได้แก่ (เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร คู่มือการใช้งาน และสื่อ) และควรมีการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาจากข้อค้นพบในการวิจัยพบว่าเกษตรกร พบปัญหาในด้านการส่งเสริมการใช้งานเป็นอันดับต้นและสอดคล้องกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับด้านการส่งเสริมการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลเช่นกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเกษตรกรยังมีความรู้ความเข้าใจและทักษะในการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงเสนอให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องส่งเสริมการใช้งาน จัดทำสื่อเกี่ยวกับการใช้งาน และถ่ายทอดความรู้ให้เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ข้อเสนอแนะต่อเกษตรกร

1) เกษตรกรควรหาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆนอกเหนือจากสื่อบุคคล จากผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรได้รับความรู้จากแหล่งความรู้ คือ สื่อบุคคลเป็นส่วนมาก แต่ยังคงขาดทักษะการใช้งานเทคโนโลยี ดังนั้น เกษตรกรควรหาความรู้เพิ่มเติมจากสื่อต่าง เช่น คู่มือการใช้งาน, Youtube เป็นต้น

2) เกษตรกรควรเข้ารับบริการจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรหรือผู้นำชุมชนนัดหมาย จากผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีโทรศัพท์เคลื่อนที่สมาร์ทโฟน และไม่มีความสามารถในการใช้สมาร์ทโฟน ควรเข้ารับบริการจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรหรือผู้นำชุมชนนัดหมาย เพื่อจะเข้าร่วมเรียนการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลได้

3) เกษตรกรควรนำสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลมาใช้ในการปรับปรุงข้อมูลการเพาะปลูกด้วยตนเองในฤดูกาลผลิต จากผลการวิจัยพบว่า การใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลช่วยให้การปรับปรุงข้อมูลเกษตรกรสะดวกสบายขึ้น เกษตรกรควรนำสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลมาใช้ในการปรับปรุงข้อมูลการเพาะปลูกด้วยตนเองในฤดูกาลผลิต เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาสำนักงานเกษตรอำเภอ

1.2 ข้อเสนอแนะต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร

1) เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรเลือกใช้วิธีการส่งเสริมการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ที่เหมาะสมกับเกษตรกร จากผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีอายุเฉลี่ยค่อนข้างสูง ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรใช้สื่อและวิธีการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ให้เหมาะสมกับเกษตรกร

2) ควรถ่ายทอดความรู้ ทักษะ การใช้งานเกี่ยวกับการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลให้แก่แกนนำที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาพบว่า สื่อบุคคลเป็นสื่อที่เกษตรกรได้รับข้อมูลและให้ความสนใจ สามารถเข้าถึงได้โดยตรง และเกษตรกรขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ดังนั้น การจัดอบรม การถ่ายทอดความรู้ ทักษะ แนะนำการใช้งานเกี่ยวกับการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ให้แก่ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมและแกนนำที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้นำชุมชน อาสาสมัครเกษตร หรือเกษตรกร เพื่อไปช่วยแนะนำและถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับเกษตรกรชุมชนต่อไป

1.3 ข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมให้แหล่งความรู้ และสื่อต่างๆ เพื่อสร้างความเข้าใจ ความรู้แก่เกษตรกร จากผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรได้รับความรู้เกี่ยวกับสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล จากสื่อต่างๆ ในภาพรวมระดับน้อย หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนแหล่งความรู้ และสื่อต่างๆ เพื่อสร้างความเข้าใจ ความรู้ให้แก่เกษตรกร

2) กรมส่งเสริมการเกษตร ควรปรับลดขั้นตอนการปรับปรุงข้อมูลในเมนูแจ้งปลูกให้เหมาะสมกับการใช้งาน จากผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีข้อเสนอแนะในขั้นตอนการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ในระดับมาก ดังนั้น กรมส่งเสริมการเกษตร ควรลดขั้นตอนการปรับปรุงข้อมูลในเมนูแจ้งปลูกให้เหมาะสมกับการใช้งาน ให้ง่ายต่อการใช้ ไม่ซับซ้อน และใช้เวลาไม่นาน และควรออกแบบขั้นตอนการเข้าสู่ระบบสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลให้ใช้งานง่าย และใช้เวลาไม่นาน

1.4 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1) หน่วยงานควรมีการจัดสรรงบประมาณในการสนับสนุนการจัดอบรม จากผลการวิจัยพบว่า ข้อเสนอแนะในด้านส่งเสริมเกษตรกรเสนอแนะให้หน่วยงานควรมีการส่งเสริมการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลอย่างสม่ำเสมอและ

ต่อเนื่อง หน่วยงานควรมีการจัดสรรงบประมาณในการสนับสนุนการจัดอบรม การผลิตสื่ออย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกษตรกรได้นำความรู้ไปใช้ในการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนของตนเองต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควบคู่ศึกษา แอปพลิเคชันสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล ในการปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร ที่เหมาะสมกับเกษตรกรในช่วงอายุต่างๆ
- 2) ควบคู่ศึกษา เกี่ยวกับแหล่งความรู้ของเกษตรกร ที่มีผลต่อการส่งเสริมการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า เกษตรกรได้รับการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการใช้งานน้อย
- 3) ควบคู่ศึกษา แนวทางในการส่งเสริมการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เพื่อนำไปสู่การยอมรับการใช้งานสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัล เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าเกษตรกรมีปัญหาด้านการส่งเสริมการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลเป็นปัญหาระดับต้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการปรับปรุงข้อมูลทะเบียนเกษตรกร ผ่านสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลของเกษตรกร ในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง ซึ่งผู้วิจัยได้รับความกรุณาการเอาใจใส่ ตลอดจนการให้คำแนะนำตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องตลอดจนข้อผิดพลาดต่าง ๆ จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาจากสาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และขอขอบคุณครอบครัว รวมถึงเพื่อน ๆ มหาบัณฑิตส่งเสริมการเกษตรรุ่นที่ 23 ทุกคนที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษา และขอขอบคุณเกษตรกรทุกท่านที่กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- กิตติยา นวลหิน. 2556. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นทะเบียนและปรับปรุงทะเบียนเกษตรกรในอำเภอน้ำป่าด จังหวัดอุตรดิตถ์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปัญจภรณ์ พุฒอินทร์. 2562. การใช้แอปพลิเคชันสมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลเพื่อปรับปรุงการจดทะเบียนเกษตรกร ของเกษตรกรจังหวัดกาญจนบุรี [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ภาวณี กฤษฏาเรืองศรี. 2555. ความคิดเห็นต่อการขึ้นทะเบียนเกษตรกรของเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วรพิน งามไกววัล. 2556. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับนวัตกรรมหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของผู้บริโภคชาวไทย [การค้นคว้าอิสระปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- อังคณา คล้ายสุบรรณ. 2562. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สมุดทะเบียนเกษตรกรดิจิทัลในการปรับปรุงทะเบียนเกษตรกรของอาสาสมัครเกษตรในจังหวัดชัยนาท [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- อัฉรี ทวีวานิชย์. 2560. การใช้งานโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร ของบุคลากรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดระนอง [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- Rogers, Everett M. 1995. Diffusion of Innovations (4th ed.). New York: The Free Press.

สาขาพืช

(Subject: Plants)

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

ศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอในน้ำและสารละลายโพแทสเซียมไนเตรด

Study on imbibition pattern of papaya seeds in water and potassium nitrate solution

ธัญรัตน์ สิริ^a, รักษศักดิ์ เสริมศักดิ์^b, รัฐพล ฉัตรบรรยงศ์^a, พิชิตรา แก้วสอน^{a,*}

Thanyarat Siri^a, Raksak Sermsak^b, Rattaphol Chatbanyong^a, Pichittra Kaewsorn^{a,*}

^aภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aDepartment of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: pichittra.k@ku.th

บทคัดย่อ

เมล็ดมะละกอมักพักตัว ทำให้งอกช้าและไม่สม่ำเสมอ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการกระตุ้นความงอก ซึ่งระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ดเป็นปัจจัยสำคัญ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอ 2 ล็อต ได้แก่ ล็อต A และ ล็อต B ที่มีความชื้นเริ่มต้น 7.5% และ 7.0% ตามลำดับ ในน้ำ reverse osmosis (RO) และสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าการดูดน้ำ RO และ KNO₃ ของเมล็ดล็อต A ในระยะที่ 1 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ 6 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความชื้น 67.3% และ 66.0% ตามลำดับ จากนั้นความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเข้าสู่ระยะที่ 2 (ระยะงัน) ใช้เวลา 20.7 และ 18.4 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมล็ดมีความชื้น 69.4% และ 68.4% ตามลำดับ เช่นเดียวกับการดูดน้ำ RO และ KNO₃ ของเมล็ดล็อต B โดยในระยะที่ 1 ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ 6 ชั่วโมง เมล็ดมีความชื้น 69.9% และ 67.9% ตามลำดับ จากนั้นความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเข้าสู่ระยะที่ 2 ใช้เวลา 24.0 และ 19.2 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 71.2% และ 70.7% ตามลำดับ

คำสำคัญ: การแช่เมล็ด, ความชื้นของเมล็ด, ระยะงัน

Abstract

Papaya seeds usually have seed dormancy, slow germination and non-uniformity. Seed priming is a technique for enhancing seed germination. The duration of seed imbibition is an important factor. Therefore, this research aims to study the imbibition pattern of papaya 2 seed lots: lot A and lot B with an initial seed moisture content (SMC) of 7.5% and 7.0%, respectively, in reverse osmosis (RO) water and 3% potassium nitrate (KNO₃) solution for 6, 12, 18, 24 and 48 h. The results showed that RO and KNO₃ imbibition of lot A seeds in phase I increased rapidly within 6 h, the SMC was 67.3% and 66.0%, respectively. Then, the SMC increased slightly. It entered phase II (lag phase) for 20.7 and 18.4 h, respectively, and the SMC was 69.4 and 68.4%, respectively. Similarly, the RO and KNO₃ imbibition of lot B seeds in phase I increased rapidly at 6 h, the SMC was 69.9% and 67.9%, respectively. Entering phase II for 24.0 and 19.2 h, respectively, the SMC increased to 71.2% and 70.7%, respectively.

Keywords: Lag phase, Seed moisture content, Seed soaking

คำนำ

มะละกอสถาปนสามารถนำมาบริโภคเป็นผักและผลไม้ โดยนำมาประกอบอาหารได้ทั้งผลดิบและสุก และยังใช้เป็นวัตถุดิบแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรมได้หลากหลาย เช่น ผลไม้กระป๋อง แครอท แยม ผลไม้อบแห้ง มะละกอก็มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี 2562 มีปริมาณการส่งออกมะละกอบ 4,035 เมตริกตัน ปี 2563 มีปริมาณการส่งออกมะละกอบ 4,286 เมตริกตัน และในปี 2564 มีปริมาณการส่งออกมะละกอบเพิ่มขึ้นถึง 5,334 เมตริกตัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มการส่งออกมะละกอบสูงขึ้นในทุกปี (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2564, 2565) มะละกอบในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ เช่น แยกดำ ฮอลแลนด์ แยกนวล ปากช่อง แต่พันธุ์ที่ได้รับความนิยมทั้งในการปลูกเพื่อบริโภค และเป็นที่ต้องการของตลาด คือ พันธุ์แยกดำ เพราะสามารถบริโภคได้ทั้งผลดิบและผลสุก เมื่อสุกมีรสชาติดี มีเนื้อสีแดง และเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง (สุภาวดี และคณะ, 2558) มะละกอบจัดเป็นเมล็ดพันธุ์ควบคุมตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2556 ซึ่งกำหนดมาตรฐานคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะละกอบต้องมีความงอกไม่ต่ำกว่า 70% และมีความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ไม่ต่ำกว่า 98% (พระราชบัญญัติพันธุ์พืช, 2518) เมล็ดมะละกอบมักมีสาเหตุการพักตัวเกิดจากสาร benzyl isothiocyanate (BITC) ที่อยู่บริเวณเมือกเยื่อหุ้มเมล็ด เนื้อของผล และน้ำยาง (เรวัตต์, 2531) เปลือกเมล็ดมีสาร BITC ยับยั้งการงอกของเมล็ด (Nagao and Furutani, 1986) รวมถึงเปลือกเมล็ดหนาแข็ง ทำให้น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ นอกจากนี้ Furutani et al. (1993) รายงานว่าเมล็ดมะละกอบ 20% ไม่มีเอ็มบริโอ จึงเป็นสาเหตุทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำและงอกไม่สม่ำเสมอส่งผลให้ต้นกล้าเจริญไม่พร้อมกัน จึงเป็นปัญหาสำหรับผู้ผลิตอย่างมาก

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (seed priming) เป็นวิธีการกระตุ้นการงอกของเมล็ด โดยทำให้เมล็ดดูดน้ำเพื่อได้รับความชื้นเพียงพอสำหรับกระบวนการงอกแต่ยังไม่ทำให้แทงราก จากนั้นลดความชื้นลงให้ใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้นเมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไปเพาะปลูกจะทำให้เมล็ดสามารถงอกได้เร็วขึ้นและสม่ำเสมอ (McDonald, 2000; Paparella et al., 2015) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี เช่น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (hydropriming) เป็นการแช่เมล็ดในน้ำเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิส (osmopriming) เป็นการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าศักย์ (water potential) ต่ำหรือในสารละลายเกลือ เช่น KNO_3 ซึ่งเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในการกระตุ้นการงอก ช่วยทำลายการพักตัวของเมล็ด ซึ่งระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำหรือสารเคมีเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (Waqas et al., 2019) เพราะหากเมล็ดได้รับน้ำไม่เพียงพออาจส่งผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมไม่สมบูรณ์ เช่น การสังเคราะห์โปรตีน และการซ่อมแซมโครงสร้างภายในเมล็ดน้อยลง อาจทำให้เมล็ดไม่งอก หรือเป็นต้นอ่อนผิดปกติ (Dutta, 2018) หรือการแช่เมล็ดนานเกินไปอาจทำให้เมล็ดแทงรากในระหว่างการลดความชื้น ส่งผลให้รากเกิดความเสียหาย หรือตาย อาจทำให้เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนผิดปกติได้ (ญารากรณ์ และคณะ, 2564) ซึ่ง Owino and Ouma (2011) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอบ 'Kamiya' ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.04 โมล เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 20 วัน และมีความงอกสูง 86.7% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้า 23.3 วัน และมีความงอกเพียง 66.7%

การดูดน้ำของเมล็ดโดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ระยะดูดน้ำ (imbibition phase) เมล็ดดูดน้ำอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดขึ้นกับเมล็ดทั่วไปทั้งเมล็ดที่มีชีวิตและเมล็ดตาย และในช่วงปลายระยะที่ 1 จะเกิดการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เมื่อเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือระยะงัน (lag phase) เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึม การดูดน้ำเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เมื่อถึงช่วงปลายของระยะที่ 2 จะมีกระบวนการเคลื่อนย้ายสารอาหารไปยังจุดเจริญเพื่อใช้สำหรับการงอกของเมล็ด ทำให้ระยะที่ 2 มีความสำคัญต่อการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากเมล็ดต้องได้รับน้ำอย่างเพียงพอสำหรับกระบวนการงอกก่อนลดความชื้นลง และระยะที่ 3 ระยะการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (embryo growth phase) มีการแทงรากแอกเกิด

(radicle) ออกมา (Bewley and Black, 1982; วันชัย, 2553) ซึ่ง Mengarda et al. (2015) ได้รายงานรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอพันธุ์ลูกผสม JS12×Waimanalo โดยการดูดน้ำในระยะที่ 1 เมล็ดมีความชื้นเริ่มต้น (0 ชั่วโมง) 9.11% เมื่อเมล็ดดูดน้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 67.12% จากนั้นการดูดน้ำเข้าสู่ระยะที่ 2 ตั้งแต่ 5–120 ชั่วโมง เมล็ดมีความชื้น 71.21% และเข้าสู่ระยะที่ 3 หลังจาก 144 ชั่วโมงเป็นต้นไป เมล็ดมีความชื้น 73%

จากปัญหาเมล็ดมะละกอมีความงอกต่ำและงอกไม่สม่ำเสมอ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำศรีสะเกษ 2 ลีต เพื่อทราบระยะเวลาการในการดูดน้ำที่เพียงพอสำหรับวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำศรีสะเกษ 2 ลีต ได้แก่ ลีต A และลีต B ที่มีคุณภาพเริ่มต้นแตกต่างกัน ได้แก่ น้ำหนักเมล็ดลีต A และลีต B คือ 14.20 และ 16.41 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ตามลำดับ ความชื้น 7.5% และ 7.0% ตามลำดับ และความงอก 70% เท่ากัน มาศึกษารูปแบบการดูดน้ำและระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ด ณ ห้องปฏิบัติการหน่วยวิจัยวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช 1, 2 ห้อง 622 และศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร (Center for Advanced Studies for Agriculture and Food; CASAF) อาคารวชิราวุธสรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ โดยแช่เมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^\circ C$ จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำเมล็ดมาทดสอบความชื้นด้วยวิธีการอบลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำคงที่ (low constant temperature oven method) $103^\circ C$ เป็นเวลา 17 ± 1 ชั่วโมง (ISTA, 2021) จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณความชื้นของเมล็ด มีหน่วยเป็น % ตาม Equation 1

$$\text{Seed moisture content (\%)} = \frac{\text{Fresh seed weight} - \text{Dry seed weight}}{\text{Fresh seed weight}} \times 100 \quad (1)$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Microsoft Excel ด้วยสถิติ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (independent t-test) โดยเปรียบเทียบระหว่างความชื้นของเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ที่ระยะเวลาต่างๆ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การดูดน้ำของเมล็ดมะละกอลีต A

จากการศึกษารูปแบบการดูดน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ของเมล็ดมะละกอลีต A ที่มีความชื้นเริ่มต้น 7.5% เป็นเวลา 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง (Fig. 1) พบว่าการดูดน้ำของเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ในระยะที่ 1 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 7.5% (0 ชั่วโมง) เป็น 67.3% และ 66.0% ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะเมล็ดแห้งเป็นเมล็ดที่มีค่าศักย์ (water potential; Ψ) ต่ำมาก ซึ่งอาจถึง -100 MPa เมื่อเมล็ดได้รับน้ำจะเกิดกระบวนการแพร่ (diffusion) และเรียกแรงดูดน้ำนี้ว่า imbibition force ทำให้ในระยะแรกของการดูดน้ำเมล็ดจะมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็ว และจะลดลงเมื่อมีน้ำภายในเมล็ดมากขึ้น (วันชัย, 2553) จากผลการทดลองนี้ เมล็ดมะละกอลีต A ดูดน้ำและสารละลาย KNO_3 ในระยะที่ 1 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความชื้น 67.3% และ 66.0% ตามลำดับ

ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mengarda et al. (2015) รายงานรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอพันธุ์ลูกผสม JS12×Waimanalo ที่เกิดขึ้นในระยะแรกเมื่อเมล็ดดูดน้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 9.11% (0 ชั่วโมง) เป็น 67.12% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมล็ดมีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน หรือเป็นเมล็ดต่างพันธุ์ อาจมีองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดต่างกัน จึงทำให้ความสามารถในการดูดน้ำของเมล็ดต่างกัน (วันชัย, 2553) เมื่อเมล็ดมะละกอลือต A แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าความชื้นของเมล็ดเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Fig. 1) โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO เป็นเวลา 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง มีความชื้น 68.3% 68.8% 70.1% และ 72.4% ตามลำดับ และความชื้นของเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 คือ 67.5% 68.3% 69.8% และ 70.6% ตามลำดับ เพราะการดูดน้ำของเมล็ดในระยะที่ 2 หรือระยะงัน มีผลทำให้แรงดูดน้ำลดลงประมาณ -1.5 ถึง -1.0 MPa ทำให้เมล็ดดูดน้ำช้าลง (วันชัย, 2553) สอดคล้องกับ Mengarda et al. (2015) รายงานรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอพันธุ์ลูกผสม JS12×Waimanalo เข้าสู่ระยะที่ 2 ตั้งแต่ 5–120 ชั่วโมง โดยเมล็ดมีความชื้นประมาณ 67.12–71.21% มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ เมล็ดมะละกอลือต A ที่แช่ในน้ำ RO มีความชื้นมากกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 (Fig. 1) เนื่องจากในน้ำ RO มีค่าศักย์ 0 MPa ซึ่งสูงกว่าสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% มีค่าศักย์ -1.5 MPa จึงส่งผลถึงแรงดันออสโมซิส ทำให้เมล็ดที่แช่ในน้ำ RO มีความชื้นที่มากกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 (Woodstock, 1998) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างความชื้นของเมล็ดมะละกอลือต A ที่แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง ด้วยสถิติ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (independent t-test) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) แสดงว่าการแช่เมล็ดมะละกอลือต A ในน้ำ RO หรือสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความชื้นแตกต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาความชันของเส้นกราฟความชื้นของเมล็ดมะละกอลือต A ก่อนแช่เมล็ดเป็นเวลา 0 ชั่วโมง และหลังแช่เมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 18 และ 24 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหาระยะเวลาการเข้าสู่ระยะที่ 2 ของรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด (Fig. 1) พบว่าการแช่เมล็ดในน้ำ RO ได้สมการเชิงเส้น คือ $y_{RO} = 0.2167x + 64.9$ และการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ได้สมการเชิงเส้น คือ $y_{KNO_3} = 0.25x + 63.8$ เมื่อแทนค่าเฉลี่ยความชื้นของเมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ในระยะที่ 2 ตั้งแต่ 6–48 ชั่วโมง คือ 69.4% และ 68.4% ตามลำดับ พบว่าการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอลือต A เมื่อแช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 เริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ตั้งแต่ 20.7 และ 18.4 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวเป็นระยะที่เมล็ดเริ่มกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ตั้งแต่ช่วงปลายของระยะที่ 1 ของรูปแบบการดูดน้ำ และเมื่อเมล็ดเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 จะมีการซ่อมแซมโครงสร้างภายในรวมทั้งการย่อยสลายสารอาหารเพื่อให้พร้อมสำหรับการทำงานของเมล็ด (วันชัย, 2553) ซึ่ง อคิราภัก และคณะ (2565) รายงานว่าเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรใช้เวลาในการงอกแรกเกิด (radicle) ยาว 2 มิลลิเมตร ประมาณ 10 วัน แสดงว่าการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอเข้าสู่ระยะที่ 3 ประมาณ 10 วัน นอกจากนี้ ปารีฉัตร (2559) รายงานรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์เข้าสู่ระยะที่ 3 หรือเมล็ดมีรากแรกเกิด (radicle) ปกติใช้เวลา 144 ชั่วโมง หรือ 6 วัน เนื่องจากเมล็ดต่างพันธุ์อาจมีองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดต่างกัน จึงส่งผลต่ออัตราการดูดน้ำของเมล็ดต่างกัน (วันชัย, 2553)

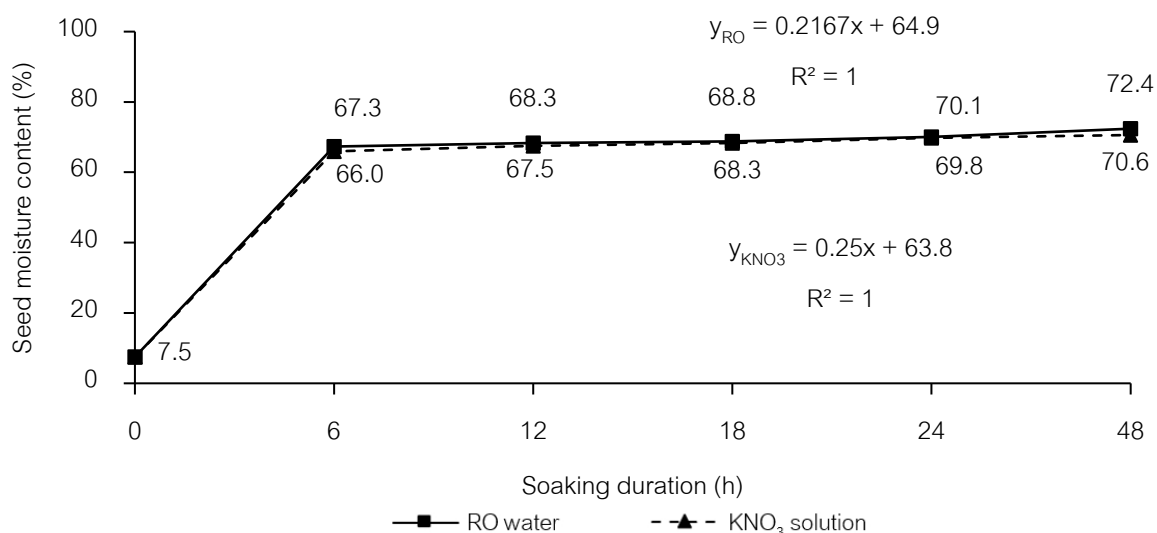


Fig. 1 Seed moisture content of papaya in lot A after soaking with RO water and 3% KNO₃ solution at various soaking durations

Table 1 Comparisons of seed moisture content (SMC) of papaya seed lot A and B soaked with RO water and 3% KNO₃ solution for 6, 12, 18, 24 and 48 h

Soaking duration (h)	SMC of lot A			SMC of lot B		
	RO water	KNO ₃ solution	t-test	RO water	KNO ₃ solution	t-test
0	7.5±0.1	7.5±0.1	-	7.0±0.1	7.0±0.1	-
6	67.3±0.9	66.0±0.3	2.45ns	69.86±0.6	67.9±0.7	4.10*
12	68.3±0.8	67.5±1.2	0.91ns	71.26±0.8	69.9±0.6	2.36ns
18	68.8±1.5	68.3±0.3	0.66ns	70.32±1.3	70.1±0.6	0.31ns
24	70.1±0.4	69.8±0.6	0.82ns	71.16±0.7	72.8±1.0	2.33ns
48	72.4±1.2	70.6±0.3	2.22ns	73.30±1.2	72.6±0.7	0.87ns

Mean±SD, ns = not significantly different, * = significantly different

การดูดน้ำของเมล็ดมะละกอล็อต B

เมื่อพิจารณารูปแบบการดูดน้ำ RO และสารละลาย KNO₃ ที่ความเข้มข้น 3% ของเมล็ดมะละกอล็อต B ที่มีความชื้นเริ่มต้น 7.0% เป็นเวลา 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง (Fig. 2) พบว่าการดูดน้ำของเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO₃ ที่ความเข้มข้น 3% ในระยะที่ 1 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากความชื้นเริ่มต้น 7.0% เป็น 69.9% และ 67.9% ตามลำดับ เนื่องจากเมล็ดแห้งมีค่าศักย์น้ำต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับภายนอกเมล็ด เมื่อเมล็ดได้รับน้ำในระยะแรกจึงดูดน้ำอย่างรวดเร็ว (Copeland and McDonald, 1995) เมื่อเมล็ดมะละกอล็อต B แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO₃ เป็นเวลา 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นภายในเมล็ดเพียงเล็กน้อย (Fig. 2) เพราะเมื่อการดูดน้ำของเมล็ดเข้าสู่ระยะที่ 2 เมล็ดจะดูดน้ำช้าลง มีผลทำให้เมล็ดมีความชื้นเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (Bewley and Black, 1982) โดยเมล็ดมะละกอล็อต B ที่แช่ในน้ำ RO เป็นเวลา 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง มีความชื้น

71.3% 70.3% 71.2% และ 73.3% ตามลำดับ (Fig. 2) ซึ่งความชื้นของเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO มากกว่าความชื้นของเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 คือ 69.9, 70.1, 72.8 และ 72.6% ตามลำดับ เช่นเดียวกับเมล็ดมะละกอล็อต A (Fig. 1) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความชื้นของเมล็ดมะละกอล็อต B ที่แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง ด้วยสถิติ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (independent t-test) (Table 1) พบว่าไม่มีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดล็อต B ที่ 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO มีความชื้นมากกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 (69.85% และ 67.9% ตามลำดับ)

เมื่อพิจารณาความชื้นของเส้นกราฟความชื้นของเมล็ดมะละกอล็อต B ก่อนแช่เมล็ดเป็นเวลา 0 ชั่วโมง และหลังแช่เมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 18 และ 24 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหารูปแบบการดูดน้ำในระยะที่ 2 ของรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด (Fig. 2) พบว่าการแช่เมล็ดในน้ำได้สมการเชิงเส้น คือ $y_{\text{RO}} = 0.15x + 67.6$ และการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ได้สมการเชิงเส้น คือ $y_{\text{KNO}_3} = 0.45x + 62$ เมื่อแทนค่าเฉลี่ยความชื้นของเมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ในระยะที่ 2 ตั้งแต่ 6-48 ชั่วโมง คือ 71.2% และ 70.7% ตามลำดับ พบว่าการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอล็อต B เมื่อแช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 เริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ตั้งแต่ 24.0 และ 19.2 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาดังกล่าว ทำให้เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการงอก (Bewley and Black, 1982) อย่างไรก็ตาม Mengarda et al. (2015) รายงานการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอพันธุ์ลูกผสม JS12×Waimanalo เข้าสู่ระยะที่ 3 ตั้งแต่ 144 ชั่วโมง หรือ 6 วัน เป็นต้นไป โดยเมล็ดมีรากปรากฏ

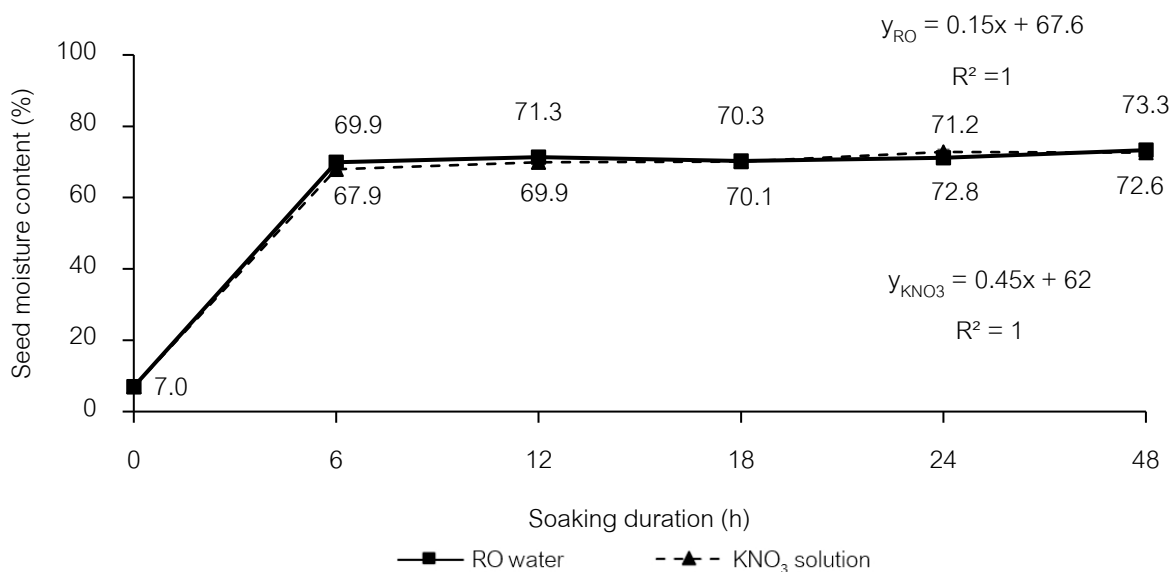


Fig. 2 Seed moisture content of papaya in lot B after soaking with RO water and 3% KNO_3 solution at various soaking durations

จากการศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดมะละกอทั้งสองล็อตในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ใช้เวลาตั้งแต่ 18.4 ชั่วโมงเป็นต้นไป ซึ่งการแช่เมล็ดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง รูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดยังคงอยู่ในระยะที่ 2 โดยความชื้นของเมล็ดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหรือเริ่มคงที่ (Fig. 1 และ Fig. 2) ดังนั้น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอทั้งสองล็อตด้วยน้ำ RO หรือสารละลาย KNO_3 ควรแช่เมล็ดตั้งแต่ 18.4 ชั่วโมง

เป็นต้นไป แต่ไม่ควรนานจนเกินไป เพราะอาจทำให้เมล็ดเกิดการแทงรากในระหว่างการลดความชื้นได้ ทำให้เมล็ดเกิดความเสียหาย (ญารากรณ์ และคณะ, 2564)

สรุป

เมล็ดมะละกอ 2 ลีต ได้แก่ ลีต A และลีต B ที่มีความชื้นเริ่มต้น 7.5% และ 7.0% ตามลำดับ มีการดูตัวอย่างรวดเร็วที่ 6 ชั่วโมงแรก โดยเมล็ดลีต A ที่แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 มีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 67.3% และ 66.0% ตามลำดับ เมื่อเมล็ดลีต A เข้าสู่ระยะที่ 2 ของรูปแบบการดูตัวอย่างใช้เวลา 20.7 และ 18.4 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมล็ดมีความชื้น 69.4% และ 68.4% ตามลำดับ เช่นเดียวกับการดูตัวอย่างของเมล็ดมะละกอลีต B ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ในระยะที่ 1 ทำให้เมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ 6 ชั่วโมง โดยเมล็ดมีความชื้น 69.9% และ 67.9% ตามลำดับ เมื่อการดูตัวอย่างของเมล็ดเข้าสู่ระยะที่ 2 ใช้เวลา 24.0 และ 19.2 ชั่วโมง ตามลำดับ และความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้นเป็น 71.2% และ 70.7% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- ญารากรณ์ ยังทรัพย์อนันต์, ปริญญา จุลกะ, พิจิตรา แก้วสอน. 2564. ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เซี่ย (*Salvia hispanica* L.) วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 29: 157–167.
doi.org/10.14456/tstj.2021.14
- ปาริฉัตร บุญเย็น. 2559. ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พระราชบัญญัติพันธุ์พืช. 2518. ราชกิจจานุเบกษา “ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพและวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2556”. หน้า 32–33.
- เรวัตต์ จันทร์บุญรักษ์. 2531. ผลของสารสกัดจากเมล็ดมะละกอแช่ด่างต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชอื่น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร ภาควิชาพืชสวน. กรุงเทพฯ.
- วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2564. สถิติการค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2565. สถิติการค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สุภาวดี สมภาค, ธวัชชัย นิมกิงรัตน์, รัชณี ศิริยาน, จันทนา โชคพาชื่น, สมพงษ์ สุขเขตต์. 2558. การปรับปรุงมะละกอพันธุ์แขกดำสายพันธุ์แท้. ใน: ธวัชชัย นิมกิงรัตน์ (บรรณาธิการ). กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ, หน้า 5–7.
- อศิราภรณ์ ทองทิพย์, พิจิตรา แก้วสอน, รัฐพล ฉัตรบวรรงค์. 2565. ผลของความเข้มข้น KNO_3 และการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 14: 1–15.
- Bewley, J.D., Black, M. 1982. Physiology and Biochemistry of seeds in Relation to Germination. Volume 2: Viability, Dormancy and Environmental Control. Springer-Verlag. Berlin. Germany.
- Copeland, L.O., McDonald, M.B. 1995. Principle of Seed Science and Technology. Chapman & Hill. New York, NY, USA.

- Dutta, P. 2018. Seed priming: New vistas and contemporary perspectives. In: Rakhit, A., Singh, H.B. (Eds.). *Advances in Seed Priming*. Springer nature, Singapore Pte, Ltd., Singapore, pp. 3–22.
- Furutani, S.C., Nagao, M.A., Zee, F. 1993. Improvement of papaya seedling emergence by KNO_3 treatment and after ripening. *J. Haw. Pac. Agri.* 3: 57–61.
- International Seed Testing Association. 2021. Method Validation Reports on Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2021 Edition. Bassersdorf, Switzerland.
- McDonald, M.D. 2000. Seed priming. In: Black, M., Bewley, J.D. (Eds.). *Seed Technology and Its Biological Basis*. Sheffield Academic Press Sheffield. UK, pp. 281–325.
- Mengarda, L.H.G., Lopes, J.C., Alexandre, R.S., Zanotti, R.F., Manhone, P.R. 2015. Alternating temperature and accelerated aging in mobilization of reserves during germination of *Carica papaya* L. seeds. *J. Seed Sci.* 37: 16–25. doi.org/10.1590/2317-1545v37n1140154
- Nagao, M.A., Furutani, S.C. 1986. Improving germination of papaya seed by density separation, potassium nitrate, and gibberellic acid. *Horm. Res.* 21: 1439–1440. doi.org/10.21273/HORTSCI.21.6.1439
- Owino., D.O., Ouma, G. 2011. Effect of potassium priming on papaya (*Carica papaya* var. *kamiya*). *J. Anim. Plant Sci.* 11: 1418–1423.
- Paparella, S., Araújo, S.S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., Balestrazzi, A. 2015. Seed priming: State of the art and new perspectives. *J. Plant Cell Rep.* 34: 1281–1293. doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y
- Waqas, M., Korres, N.E., Khan, M.D., Nizami, A.S., Deeba, F., Ali, I., Hussain, H. 2019. Advances in the concept and methods of seed priming. In: Hasanuzzaman, M., Fotopoulos, V. (Eds.). *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*. Springer. Singapore, pp. 11–41.
- Woodstock, L.W. 1988. Seed imbibition: A critical period for successful germination. *J. Seed Tech.* 12: 1–15.

การพัฒนาวิธีการทดสอบโรคที่รวดเร็วและประเมินโคลนอ้อยชีวมวลดีเด่นต่อโรคเน่าแดง

Development of pathogenicity rapid test and evaluation of promising biogas sugarcane to red rot disease

วีรกรณ์ แสงไสย์^{a,*}, นารีรัตน์ เนรอยู่^a, เบญจวรรณ รัตวัตร^a, รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์^bWeerakorn Saengsai^{a,*}, Nareerat Nenyoo^b, Benjawan Ruttawat^a, Raweevan Chuekittisak^b^aศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ขอนแก่น 40000^bศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190^aKhon Kaen Field Crop Research Center, Khon Kaen 40000, Thailand^bUbon Ratchathani Field Crops Research Center, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: weerakorn.saengsai@gmail.com

บทคัดย่อ

โรคเน่าแดงเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum falcatum* มีการระบาดรุนแรงในระบบการผลิตอ้อยของประเทศไทย อาการของโรคลำต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้งอาจทำให้อ้อยยืนต้นตายทั้งแปลง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาวิธีการทดสอบโรคที่รวดเร็วและการประเมินความต้านทานต่อโรคเน่าแดงของโคลนอ้อยชีวมวลดีเด่น โดยสำรวจเก็บตัวอย่างโรคอ้อย จำแนกชนิดเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยวเน่าแดงที่รุนแรง การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์มีความคล้ายคลึงกับ FJ907431 ถึง 99% ผลการทดสอบความรุนแรงพบว่าไอโซเลต 2 รุนแรงที่สุด การพัฒนาวิธีการทดสอบความรุนแรงตามลักษณะอาการและการลุกลามของโรคบนเส้นกลางใบเปรียบเทียบกับ การประเมินในลำต้น ผลการคัดเลือกโคลนอ้อยชีวภาพดีเด่น 23 โคลนพันธุ์ ด้วยวิธี wound pin prick และ wound plug นั้นสอดคล้องกัน โคลนอ้อยชีวมวลมีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเน่าแดง 3 โคลน ได้แก่ KK07-250 KK07-599 และ KK13-470 ต้านทานปานกลาง 12 โคลน โดยการประเมินโรคทดสอบบนเส้นกลางใบมีความรวดเร็วกว่าในลำต้น

คำสำคัญ: การทดสอบ, โคลนอ้อยดีเด่น, โรคเน่าแดง

Abstract

Red rot disease cause by *Colletotrichum falcatum*, this disease is severely infested sugarcane production system in Thailand. The red rot showed inside the trunk was brown rotten tissue in the internode area. Aim of this study to development of pathogenicity rapid test and evaluation of biomass sugarcane for resistance to red rot disease. Collecting samples of sugarcane disease from various locations disease in sugarcane plantation. The nucleotide sequence analysis was 99 % similar to the FJ907431. The isolate No.2 showed highest virulence symptom. Evaluation of red rot disease from 23 clones, four of promising clone showed resistance reaction such as KK07-250 KK07-599 and KK13-470, twelve clones showed modulate resistance, four clones showed modulate susceptible and four clones showed susceptible. Reaction to the pathogenicity test on the leaf midrib was more rapid than on the stem.

Keywords: Evaluation, Promising clone, Red rot

คำนำ

การใช้พลังงานชีวภาพ วัสดุชีวภาพ เพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ซึ่งประเทศไทยมีความพร้อมสำหรับวัตถุดิบหลักในการผลิตพลังงานชีวภาพ โดยเฉพาะอ้อย ที่มีพื้นที่ปลูกประมาณ 12 ล้านไร่ มีผลผลิตเข้าหีบประมาณ 128 ล้านตัน และวัสดุเหลือใช้และผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล สามารถนำกลับมาใช้เป็นพลังงาน ทั้งพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า ในรูปแบบพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพ ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานปีละประมาณ 85,966 ktoe (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ เพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศ ปี 2579 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2563) คาดการณ์ว่าประเทศไทยจะมีความต้องการใช้พลังงาน 131,000 ktoe ซึ่งพลังงานส่วนใหญ่มาจากการซื้อและนำเข้าจากต่างประเทศ คิดเป็นร้อยละ 55 จากการใช้พลังงานทั้งหมด (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2561) การระบาดของโรคเหี่ยวเน่าแดงเป็นปัญหาสำคัญในการผลิตอ้อย พื้นที่หลายจังหวัดในพบการระบาดของรุนแรงกับอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และ CB38-22 ในเขตปลูกอ้อยภาคตะวันตก ทำให้อ้อยเหี่ยวและแห้งตายอย่างรวดเร็วในพื้นที่รวมมากกว่า 3,000 ไร่ (วันทนี และคณะ, 2535) ต่อมาพบว่า ระบาดทั่วไปในเขตปลูกอ้อยทั้งภาคกลาง ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออก การระบาดแต่ละครั้งจะทำความเสียหายให้กับอ้อยทั้งในด้านผลผลิตและคุณภาพ โดยน้ำอ้อยจากลำที่เป็นโรคจะทำให้คุณภาพของน้ำอ้อยเสียไปเนื่องจากมีปริมาณ sucrose ลดลง 50-58% และยังมี purity ลดลง (สุนี และคณะ, 2559) โรคเหี่ยวเน่าแดงเกิดจากเชื้อรา *C. falcatum* ที่สามารถเข้าทำลายอ้อยทางรอยแผลและทางรอยเปิดตามธรรมชาติของอ้อย และเชื้อ *Fusarium moniliforme* ซึ่งเป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในดินและเข้าทำลายอ้อยทางรากและโคนต้นของอ้อย ทำให้อ้อยมีอาการเหลือง และยืนต้นตายในที่สุด โรคเหี่ยวเน่าแดงสามารถแพร่ระบาดทางท่อนพันธุ์ ทำให้มีการแพร่กระจายสู่พื้นที่อื่นได้ง่าย เนื่องจากการเคลื่อนย้ายพันธุ์ข้ามพื้นที่ (อัปสร และคณะ, 2536) โดยเชื้อสาเหตุโรคสามารถที่จะถ่ายทอดไปกับท่อนพันธุ์อ้อยได้ ในการคัดเลือกอ้อยโคลนดีเด่นที่ต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดง โรคเหี่ยวเน่าแดงเกิดจากเชื้อรา *C. falcatum* Went และ *F. moniliforme* J. Sheld. เป็นโรคที่ทำให้ผลผลิตปลูกและคุณภาพลดลง การปลูกพันธุ์ต้านทานเป็นวิธีการควบคุมโรคที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด การคัดเลือกพันธุ์ต้านทานโรคเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืช การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและจำแนกระดับความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเน่าแดงในอ้อยโคลนดีเด่น จำนวน 58 โคลน ดำเนินการในสภาพที่มีการปลูกเชื้อขอนแก่น 3 LK92-11 และ อู๋ทอง 10 เป็นพันธุ์ตรวจสอบต้านทานโรคและ NSS08-52-4-2 เป็นพันธุ์ตรวจสอบอ่อนแอต่อโรค อ้อยอายุ 6 เดือน พบว่าอ้อยแต่ละโคลนมีความรุนแรงในการเกิดโรค แตกต่างกัน จำแนกระดับความต้านทานออกเป็น 5 กลุ่มดังนี้ ต้านทาน 20 โคลน ต้านทานปานกลาง 17 โคลน อ่อนแอปานกลาง 6 โคลน อ่อนแอ 4 โคลน และอ่อนแอมาก 11 โคลน อ้อยโคลนที่ต้านทานและต้านทานปานกลางใช้เป็นแหล่งพันธุ์กรรมในการปรับปรุงพันธุ์หรือการเสนอรับรองพันธุ์ (ศิริไล และคณะ, 2561) การทดสอบปฏิกริยาความต้านทานของอ้อยต่อโรคเหี่ยวเน่าแดงในต้นกล้าอ้อยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยทดสอบปฏิกริยาความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเน่าแดงจากเชื้อราสาเหตุ *C. falcatum* และ *F. moniliforme* ในอ้อยทดสอบ 2 ชุด โดยใช้อ้อยทดสอบชุดแรก จำนวน 20 พันธุ์ แบ่งออกเป็นอ้อยพันธุ์ MPT3, K88-92, K84-200, LK92-1, MPT L1K1m-07-17, MPT LK11-m-07-126, UT95-12-195, FE1-145, FE1-127, Marcos, FE2-101, FE2-101, KK3, FE1166, K95-84, K93-219 และ MPT KK3-m-07-92 อ้อยแสดงปฏิกริยาอ่อนแอมากจำนวน 10 พันธุ์ อ้อยแสดง ปฏิกริยาอ่อนแอจำนวน 3 พันธุ์ อ้อยแสดงปฏิกริยาอ่อนแอปานกลางจำนวน 4 พันธุ์และอ้อยแสดงปฏิกริยาต้านทาน 3 พันธุ์ และชุดที่สอง จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ K84-200, MPT KK3-m-07-92, KK3, A11, MPT LK11-m-07-126 และอีเหี่ยว ในชุดที่สองอ้อยแสดงปฏิกริยาอ่อนแอมากจำนวน 1 พันธุ์อ้อยแสดงปฏิกริยาอ่อนแอจำนวน 2 พันธุ์ อ้อยแสดงปฏิกริยาอ่อนแอปานกลางจำนวน 1 พันธุ์และอ้อยแสดงปฏิกริยาต้านทาน 2 พันธุ์โดยการทดลองทั้งสองชุดพบว่าพันธุ์ K84200 แสดงปฏิกริยาอ่อนแอปานกลางสำหรับพันธุ์อีเหี่ยวแสดงปฏิกริยาอ่อนแอปานกลาง (กนกวรรณ และคณะ, 2561) การลดความสูญเสียจากการระบาดของศัตรูพืช

1) ควบคุมการแพร่ระบาดของโรคโดยการป้องกันและกำจัด มีการบริหารจัดการแปลง ตรวจสอบแปลง การสุ่มตรวจตัวอย่างเพื่อประเมินความรุนแรงของการติดเชื้อ 2) ใช้พันธุ์สะอาด และ 3) ใช้พันธุ์ทนทาน ซึ่งบางชนิดมีพันธุ์ทนโรค เช่น โรคเหี่ยวเน่าแดง การทดสอบโรคสำคัญที่อยู่ในอ้อยเป็นข้อกำหนดหนึ่งของกรมวิชาการเกษตรในการรับรองพันธุ์พืช ปัจจุบันการทดสอบปฏิบัติการด้านทนต่อโรคเน่าแดงยังคงปลูกเชื้อด้วยวิธีปลูกเชื้อเข้าลำต้นอ้อยอายุ 8 เดือน แล้วเช็คผลหลังปลูกเชื้อ 2 เดือน ทำให้การทดสอบได้ปีละหนึ่งครั้ง การศึกษาในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาวิธีการทดสอบโรคให้รวดเร็วและประเมินโคลนอ้อยชีวมวลดีเด่นต่อโรคเน่าแดง สามารถทำได้หลายรอบในหนึ่งปี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประกอบการคัดเลือกพันธุ์อ้อยดีเด่นเพื่อประเมินรับรองพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

การสำรวจและจำแนกชนิดเชื้อราด้วยฐานวิทยา

ตัวอย่างอ้อยที่แสดงอาการโรคเน่าแดงจากการสำรวจจากแปลงปลูกของเกษตรกรในแหล่งปลูกต่าง ๆ ใน จ.ขอนแก่น นครราชสีมา อุตรดิตถ์ สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี สำรวจและเก็บตัวอย่างอ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 พันธุ์แอลเค 92-11 และพันธุ์อุทอง 2 โรคเหี่ยวเน่าแดงที่มีอาการเหี่ยวฉับพลัน ใบ กาบใบ และลำต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้ง จากแปลงปลูกของเกษตรกรในแหล่งปลูกต่าง ๆ จำนวน 5 แปลง ๆ ละ 5 ตัวอย่าง แยกเชื้อโดยวิธี Tissue transplanting โดยตัดชิ้นส่วนของพืชพอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์ 10 เปอร์เซ็นต์นาน 3 นาที จากนั้นวางชิ้นส่วนพืชลงบน อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มเชื้อในสภาพอุณหภูมิห้อง ตรวจสอบลักษณะพื้นฐานของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound เก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์บนหลอดอาหาร PDA เพื่อใช้เพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณสำหรับการปลูกเชื้อและจำแนกชนิดของเชื้อสาเหตุโรคภายใต้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาโครงสร้างของเชื้อรา เช่น เส้นใยหรือสปอร์

การระบุชนิดเชื้อรา

สกัดดีเอ็นเอ: โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอ Dnaeasy plant mini kit (Qiagen) ซึ่งประกอบด้วย เส้นใยเชื้อราบนผิวอาหาร NA บดเส้นใยเชื้อราด้วยไนโตรเจนเหลว จากนั้นย้ายส่วนที่ได้ไปยัง microtube 1.5 มิลลิลิตร เติมนัฟเฟออร์ AP1 400 ไมโครลิตร และ RNase A 4 ไมโครลิตร บั่นและบ่มที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมนัฟเฟออร์ AP2 130 ไมโครลิตร บั่นเหวี่ยงที่ 14,000 รอบ/นาที นาน 5 นาทีดูดส่วนใสใส่ใน QIAshredder Mini Spin Column จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 14,000 รอบ/นาที นาน 2 นาที ย้ายส่วนใสใส่ใน microtube ใหม่ จากนั้นเติม 1.5 เท่าบัฟเฟออร์ AP3/E ผสมเบา ๆ ด้วยปิเปต ใส่ใน DNeasy Mini Spin Column บั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที ย้าย DNeasy Mini Spin Column ไปใส่ใน Collection tube ใหม่และเติมนัฟเฟออร์ AW 500 ไมโครลิตร บั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที จากนั้นเติมนัฟเฟออร์ AW 500 ไมโครลิตร ใน DNeasy Mini Spin Column อีกครั้ง บั่นเหวี่ยงที่ 14,000 รอบ/นาที นาน 2 นาที ย้ายส่วนของ DNeasy Mini Spin Column ใส่ใน microtube ใหม่ เติมนัฟเฟออร์ AE (65 องศาเซลเซียส) 100 ไมโครลิตร บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที บั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที ทำซ้ำโดยการเติมนัฟเฟออร์ AE (65 องศาเซลเซียส) 100 ไมโครลิตร บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที บั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที ได้ดีเอ็นเอเพื่อนำไปทดสอบขั้นต่อไป

การตรวจเชื้อรา *C. falcatum* ด้วยเทคนิคพีซีอาร์: ปฏิบัติ PCR ในการตรวจเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยวเน่าแดง มีส่วนประกอบดังนี้ DNA (เจือจาง 50 นาโนกรัม) ปริมาตร 3 ไมโครลิตร 10X Taq reaction buffer ปริมาตร 1.5 ไมโครลิตร 10 μ M forward primer ปริมาตร 0.4 ไมโครลิตร 10 μ M reverse primer ปริมาตร 0.4 ไมโครลิตร (its1-Forward 5'GCC

GTA GGT GAA CCT GCG G3'/ its4- Reverse 5'GCC TCC GCT TAT TGA TAT GC3') (Sangdit et. al., 2014) 2.5 mM dNTP ปริมาตร 1.2 ไมโครลิตร 25 mM MgCl₂ ปริมาตร 1.5 ไมโครลิตร Taq DNA polymerase (5 ยูนิตต่อไมโครลิตร) (Fermentas) ปริมาตร 0.3 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 7.1 ไมโครลิตร นำมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเครื่อง Thermal cycle ตั้งโปรแกรมจำนวน 35 รอบ ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 1 นาที, 58 องศาเซลเซียส 1 นาที, 72 องศาเซลเซียส 1 นาที และตามด้วย 72 องศาเซลเซียส 10 นาที นำผลผลิตพีซีอาร์ที่ได้มาวิเคราะห์ขนาดดีเอ็นเอด้วย 1.5 % agarose gel electrophoresis ย้อมดูผลด้วยสี SYBR Gold และบันทึกผลภาพด้วยเครื่องวิเคราะห์ภาพดีเอ็นเอ (Gel Documentation) การศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์ ดำเนินการโดยเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายด้วยปฏิกิริยา PCR ตามวิธีดังกล่าวข้างต้น สกัดชิ้นดีเอ็นเอจากเจลโดยใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูป การหาลำดับนิวคลีโอไทด์โดยสกัดชิ้นดีเอ็นเอโดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป GF-1 AmpbiClean Kit (Vivantis, Malaysia) จากนั้นทำการหาลำดับนิวคลีโอไทด์แล้วเทียบผลกับฐานข้อมูลใน NCBI จัดเรียงและสร้าง phylogenetic tree ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Molecular Evolutionary Genetics Analysis; MEGA ver. 5.0 software ในรูปแบบ neighbor-joining method

การทดสอบความรุนแรงของเชื้อรา *C. falcatum*

ทดสอบการเกิดโรคในใบอ่อนโดยนำเชื้อรา *C. falcatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำมาทดสอบกับอ้อย 2 โคลน/พันธุ์ ประกอบด้วยอ้อยพันธุ์ ได้แก่ KK12R-076 และอีเหี่ยว โดยใช้พันธุ์อ้อยเหี่ยวตรวจสอบความอ่อนแอ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธี ๆ ละ 20 ซ้ำ ดังนี้ 1) อ้อยพันธุ์ KK12R-076 ปลูกเชื้อไอโซเลตที่ 2 2) อ้อยพันธุ์ KK12R-076 ปลูกเชื้อไอโซเลตที่ 3 4) อ้อยพันธุ์ KK12R-076 mock inoculation เป็นกรรมวิธีควบคุม 5) อ้อยพันธุ์อ้อยเหี่ยว ปลูกเชื้อไอโซเลตที่ 2 6) อ้อยพันธุ์อ้อยเหี่ยว ปลูกเชื้อไอโซเลตที่ 3 7) อ้อยพันธุ์อ้อยเหี่ยว mock inoculation เป็นกรรมวิธีควบคุม ปลูกเชื้อสาเหตุโรคโดยใช้ cork borer ขนาด 0.5 เซนติเมตร เจาะขึ้นรู้นที่มีเชื้อราเจริญเติบโต แปะบนเส้นกลางใบที่ตำแหน่งกลางใบ ตัวอย่างบรรจุในกล่องพลาสติกใส บ่มที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสภาพบรรยากาศ 85 เปอร์เซ็นต์ บันทึกอาการของโรคที่ 7 วัน โดยวัดความยาวของแผลที่เกิดบนเส้นกลางใบ

การประเมินความรุนแรงในการเกิดโรค

เตรียมตัวอย่างอ้อยอายุ 8 เดือน จำนวน 23 โคลนพันธุ์ ได้แก่ KK07-599 KK07-250 KK13-171 KK13-470 TPJ04-768 UTe05-102 UTe05-110 KWT-07 KK12-050 KK12R-076 KK13-203 KK13-483 KK13-330 KK13-114 UTe05-112 KK11-158 และ KK12R-186 พันธุ์เปรียบเทียบกับ K88-92 LK92-11 คู่ทอง 2 KK3 และพันธุ์อ่อนแอ คือ อีเหี่ยว และ KK13-263 เลี้ยงเชื้อราบนอาหารพีดีเอ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ในสภาพอุณหภูมิห้องจากนั้นใช้ cork borer ที่ปลอดเชื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เลี้ยงเชื้อราสาเหตุแต่ละชนิดแยกกันบนอาหารพีดีเอ เป็นเวลา 2 สัปดาห์เจาะลงบนอาหารพีดีเอที่มีเชื้อราเจริญอยู่ เมื่ออ้อยอายุ 8 เดือน

วิธีการที่ 1 ปลูกเชื้อด้วยวิธี wound pin prick ดัดแปลงวิธีการของ Dela Cueva et al. (2019) ใช้เข็มเย็บเชื้อปลายแหลมเจาะบริเวณเส้นกลางใบตำแหน่งกึ่งกลางอ้อยอายุ 8 เดือน วางขึ้นรู้นบนรอยเจาะปิดด้วยเทปใส ประเมินการเกิดโรคที่ 2 สัปดาห์หลังปลูกเชื้อ ประเมินอาการบนเส้นกลางใบที่ปรากฏเป็นลักษณะอาการภายนอก การลุกลาม การขยายของแผล โดยระดับการเกิดโรค 6 ระดับ คือ ด้านทานมาก (HR) คือ มีความยาวแผล 0–0.9 ด้านทาน (R) คือ มีความยาวแผล 1.0–4.9 เซนติเมตร ด้านทานปานกลาง (MR) คือ มีความยาวแผล 5.0–10.9 เซนติเมตร. อ่อนแอปานกลาง (MS) คือ

มีขนาดแผล 11.0–20.9 เซนติเมตร อ่อนแอ (S) คือ มีความยาวแผล 21–29.9 เซนติเมตร คืออ่อนแอมาก (HS) คือมีขนาดแผลมากกว่า 30 เซนติเมตร

วิธีการที่ 2 ปลุกเชื้อด้วยวิธี wound plug โดยใช้ cork borer เจาะลำต้นอ้อยอายุ 8 เดือน ปล้องที่ 3 เนื้อพื้นดินเพื่อใส่ชิ้นอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเส้นใยของเชื้อสาเหตุเชื้อละ 1 ชิ้น เข้าไปในรูเจาะบนลำต้น ปิดรูเจาะด้วยกระดาษทาบ ในสภาพอุณหภูมิห้อง บันทึกข้อมูลลักษณะอาการของอ้อย หลังปลุกเชื้อ 2 เดือน ประเมินความรุนแรงของโรคโดยการผ่าลำต้นตามยาว และวัดการลุกลามของเชื้อภายในลำต้นโดยนับจำนวนปล้องที่ถูกเชื้อเข้าทำลาย จำแนกระดับความรุนแรงออกเป็น 6 กลุ่ม คือ ต่ำมาก ต่ำปานกลาง ต่ำปานกลาง อ่อนแอปานกลาง อ่อนแอ และอ่อนแอมาก ดัดแปลงวิธีการจาก Sirinivasan and Bhat (1961)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสำรวจโรคอ้อยในแปลงของเกษตรกรในสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างอ้อยในปี 2565 บริเวณจังหวัดขอนแก่น นครราชสีมา อุรธานี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และกำแพงเพชร (Table 1) นำตัวอย่างอ้อยที่มีอาการสาเหตุจากเชื้อสาเหตุโรคเน่าแดง ผลการแยกเชื้อรา *C. falcatum* ได้จำนวน 5 ไอโซเลต เชื้อรามิโคโคนีเซียจนถึงสี่เท่าดำเมื่อคุณลักษณะการเจริญเติบโตทางด้านได้อาหาร PDA จะพบการเจริญเติบโตเป็นวงซ้อนกัน (Fig. 1A และ 2B) เส้นใยมีผนังกัน conidia มีเซลล์เดี่ยว สีใส รูปโค้งคล้ายพระจันทร์เสี้ยว (fusaroid) มีขนาด 24.3-28.5×2.3-3.8 ไมครอน (Fig. 2) ผลจากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายยีนบริเวณ ITS ของยีน 16S-23S rRNA (its1 / its4) จากดีเอ็นเอเชื้อราด้วยวิธี PCR ด้วยคู่ไพรเมอร์ (its1-Forward / its4- Reverse) พบว่า เชื้อราทั้ง 5 ไอโซเลตสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ขนาดขึ้นยีน 590 คู่เบส (Fig. 3) เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมโดยวิเคราะห์ Phylogenetic tree ของเชื้อราโดยวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ความใกล้ชิดของสายวิวัฒนาการของเชื้อ *C. falcatum* ที่ตรวจพบในแต่ละจังหวัดมีความใกล้ชิดกันเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของ FJ907431 ในฐานข้อมูล NCBI พบว่ามีความคล้ายคลึงถึง 99 เปอร์เซ็นต์ (Fig. 4) ผลจากการทดสอบการเกิดโรคเหี่ยวเน่าแดงบนเส้นกลางใบอ้อยโดยทดสอบโดยวิธี detached leaf ทดสอบเบื้องต้นในอ้อย สายพันธุ์ KK12R-076 และอีเหยี่ยว โดยนำเชื้อรา *C. falcatum* ไอโซเลต 2 และ ไอโซเลต 3 ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นเวลา 7 วัน ใช้ cork borer ขนาด 0.5 เซนติเมตร เจาะขึ้นรูที่มีเชื้อราเจริญบนเส้นกลางใบที่ตำแหน่งโคนใบ กลางใบ และปลายใบ แล้วเช็ดขนาดแผลจากการเกิดโรคที่หนึ่งสัปดาห์ พบว่า เชื้อ *C. falcatum* ไอโซเลต 2 มีความรุนแรงในการเกิดโรคมามากที่สุดจากการปลุกเชื้อเกิดแผลเป็นแผลสีน้ำตาลแดงบนเส้นกลางใบอ้อย โดยอ้อยพันธุ์อีเหยี่ยว ที่ 7 วันหลังปลุกเชื้อมีการเกิดโรคมามากที่สุดมีขนาดแผลเฉลี่ย 15.51 cm โดยอ้อยสายพันธุ์ KK12R-076 มีการเกิดโรคขนาดแผลเฉลี่ย 3.27 cm (Table 1) การทดสอบปฏิกิริยาต่อโรคเน่าแดงในสภาพการปลุกเชื้อ วิธีการที่ 1 wound pin prick พบว่า อ้อยโคลนดีเดนที่นำมาทดสอบ ทั้ง 23 โคลน มีการลุกลามของเชื้อในลำต้น สามารถจำแนกปฏิกิริยา ดังนี้ ต่ำมาก 4 โคลน ได้แก่ KK07-250 KK07-599 KK13-171 และ KK13-470 ต่ำปานกลางมี 11 โคลน ได้แก่ TPJ04-768 UTe05-102 UTe05-110 KWT-07 KK12-250 KK12R-076 KK13-203 KK13-483 K88-92 LK92-11 และ KK3 อ่อนแอปานกลาง 4 โคลน ได้แก่ UTe05-112 KK13-114 KK13-330 และ คู่ทอง 2 อ่อนแอมือ 3 โคลน ได้แก่ KK11-158 KK12R-186 และ อีเหยี่ยว อ่อนแอมาก KK13-263 ได้ใช้เป็นพันธุ์ตรวจสอบอ่อนแอต่อโรคขณะที่พันธุ์ตรวจสอบต้านทานต่อโรค ได้แก่ KK3 LK 92-11 มีอาการและการลุกลามของเชื้อในลำอ้อย ตามลำดับ พันธุ์ตรวจสอบอ่อนแอต่อโรค ได้แก่ อีเหยี่ยวและ KK13-263 วิธีการที่ 2 wound plug method พบว่า อ้อยโคลนดีเดน ที่นำมาทดสอบทั้ง 23 โคลน มีการลุกลามของเชื้อในลำต้น สามารถจำแนกปฏิกิริยา ดังนี้ ต่ำมาก 3 โคลน ได้แก่ KK07-250 KK07-599 และ KK12R-076 ต่ำปานกลางมี 12 โคลน ได้แก่ TPJ04-768 UTe05-102 UTe05-110 UTe05-112 KWT-07 KK12-050 KK13-171 KK13-203 KK13-483 KK13-470 K88-92 LK92-11 และ KK3 อ่อนแอปานกลาง 4 โคลน ได้แก่ KK13-

114 KK13-330 และคู่ทอง2 อ่อนแอ มี 3 โคลน ได้แก่ KK11-158 KK12R-186 และอีเหี่ยว อ่อนแอมาก KK13-263 ได้ใช้เป็นพันธุ์ตรวจสอบอ่อนแอต่อโรคขณะที่ พันธุ์ตรวจสอบด้านทานต่อโรค ได้แก่ KK3 LK 92-11 มีอาการและการลุกลามของเชื้อในลำอ้อยตามลำดับ พันธุ์ตรวจสอบอ่อนแอต่อโรค ได้แก่ อีเหี่ยว และ KK13-263 (Fig. 5) (Table 1) อ้อยโคลนที่มีการลุกลามของเชื้อเฉพาะปล้องที่ปลูกเชื้อหรือมีการลุกลามเข้ามายังปล้องที่ไม่ได้ปลูกเชื้อเพียง 1-2 ปล้อง พบในพันธุ์ที่มีลักษณะด้านทานซึ่งสามารถนำไปปลูกในไร่เกษตรกรหรือใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ในพันธุ์ที่อ่อนแอและอ่อนแอมาก นอกจากภายในลำต้นมีอาการเน่าแดงแล้ว ลักษณะการเจริญภายนอกมักจะแสดงอาการต้นแห้ง

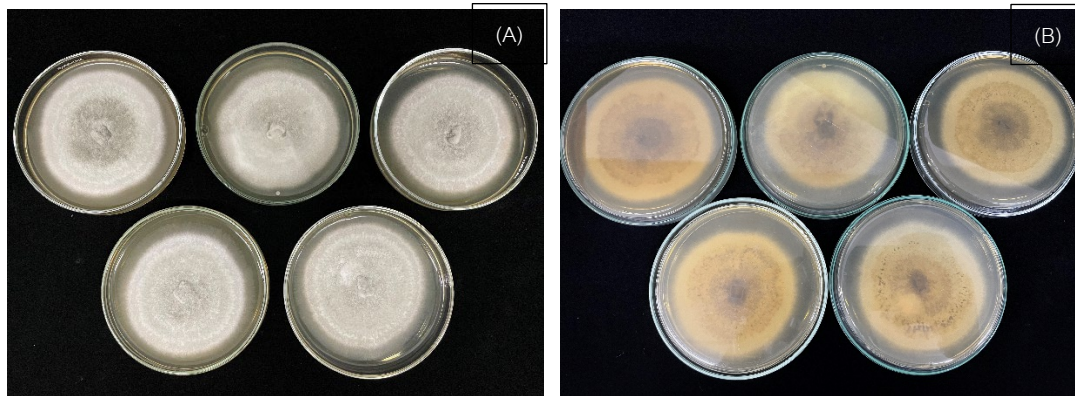


Fig. 1 Cultural characters of *C. falcatum* types: (A) front; (B) back



Fig. 2 Morphology of *C. falcatum* conidia. Conidia were hyaline, one-celled, falcate or sickle-shaped. The conidial size of all the isolates ranged between 21.42 and 28.56 μm in length by 2.38 and 4.76 μm in width, averaging 25.01 \times 4.46 μm

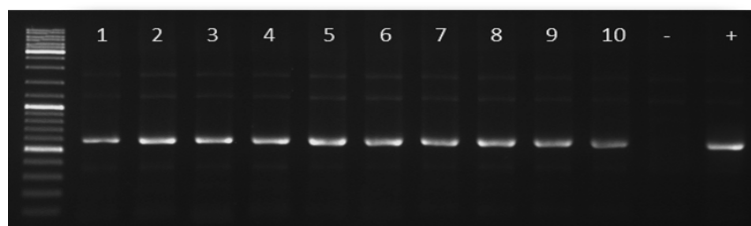


Fig. 3 Agarose gel electrophoresis of polymerase chain reaction products from DNA of *C. falcatum* isolates from sugarcane using universal primers its1 and its4: Lanes 1 = 1000 bp molecular weight marker. Lanes 2-10 = *C. falcatum* isolates; Lane 2-3 = isolate Rd01; Lane 4-5 = isolate Rd02; Lane 6-7 = isolate Rd03; Lane 8-9 = isolate Rd04; Lane 10-11 = isolate Rd05; Lane 12 = no template control and Lane 13 = positive control.

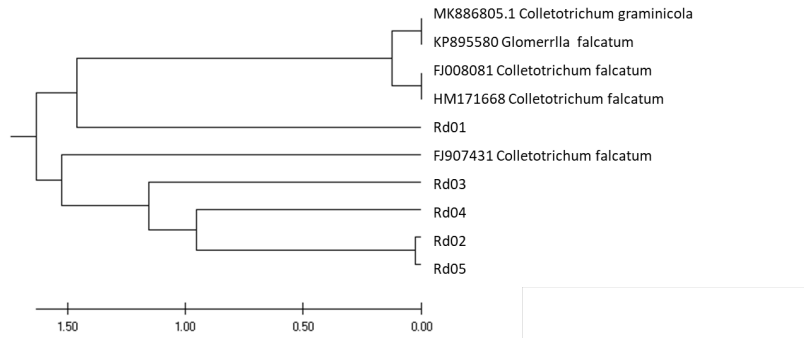


Fig. 4 Neighbour-joining tree depicting relationships among *Colletotrichum falcatum* isolates from sugarcane on internal transcribed spacer sequences. The numbers on the nodes are the frequency (in percent) with which a cluster appears in a bootstrap test of 1,000 runs

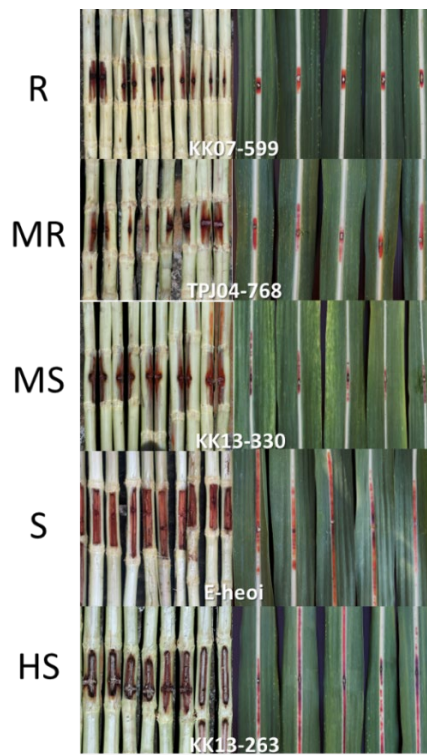


Fig. 5 The interaction of biomass promising sugarcane clone to red rot. R = resistant, MR = moderately resistant, MS = moderately susceptible, S = susceptible and HS= highly susceptible

Table 1 The interaction of biomass promising sugarcane clone to red rot

Sugarcane clone	Wound plug method					Wound pin prick method		Reactions
	Condition of top	Nodal transgression	Lesion width	Color	Interaction	Lesion width	Interaction	
TPJ04-768	0.19	1.00	2.20	1.27	MR	5.35	MR	MR
UTe05-102	0.05	1.27	2.00	1.27	MR	7.07	MR	MR

Sugarcane clone	Wound plug method					Wound pin prick method		Reactions
	Condition	Nodal	Lesion	Color	Interaction	Lesion	Interaction	
	of top	transgression	width			width		
UTe05-110	0.04	1.13	1.67	1.27	MR	6.90	MR	MR
UTe05-112	0.89	1.00	2.27	1.33	MS	10.70	MS	MS
KK07-250	0.05	0.60	2.07	1.10	R	3.08	R	R
KK07-599	0.17	0.87	1.67	1.07	R	4.13	R	R
KWT-07	0.22	0.73	1.87	1.33	MR	6.01	MR	MR
KK11-158	1.00	1.47	1.87	2.00	S	20.12	MS	S
KK12-050	0.19	0.83	2.13	1.33	MR	6.31	MR	MR
KK12R-076	0.25	1.13	1.73	1.53	MR	3.85	R	MR
KK12R-186	0.61	1.60	2.40	1.60	S	15.40	MS	S
KK13-114	0.44	1.07	2.27	1.27	MS	12.84	MS	MS
KK13-171	0.00	0.64	1.40	1.13	R	6.8	MR	MR
KK13-203	0.15	0.54	2.07	1.40	MR	6.23	MR	MR
KK13-263	0.73	1.10	3.00	1.73	HS	35.00	HS	HS
KK13-330	0.53	1.27	2.13	1.27	MS	11.17	MS	MS
KK13-470	0.16	0.59	1.80	1.27	R	4.76	R	R
KK13-483	0.28	0.41	2.00	1.27	MR	8.55	MR	MR
K88-92	0.35	0.78	2.00	1.80	MR	9.80	MR	MR
LK92-11	0.03	0.57	1.53	1.33	MR	6.85	MR	MR
U-thong 2	0.47	1.53	2.27	1.67	MS	20.58	S	S
KK3	0.51	1.13	2.00	1.20	MR	5.01	MR	MR
E-Hieo	1.00	1.07	3.00	1.33	S	21.90	S	S

(ดัดแปลงจาก Sirinivasan and Bhat.1961 และ Dela Cueva et al., 2019)

สรุป

จากการสำรวจโรคอ้อยในแปลงของเกษตรกรในสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างอ้อยในปี 2565 บริเวณจังหวัดขอนแก่น นครราชสีมา อุดรธานี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และกำแพงเพชร เชื้อราได้ *C. falcatum* ทั้ง 5 ไร่ ไร่ละ 2 ไร่ พบว่าเชื้อ *C. falcatum* ไร่ละ 2 ไร่ มีความรุนแรงในการเกิดโรคมามากที่สุด การประเมินโรคเน่าแดงในอ้อยโคลอนดีเด่น จำนวน 23 โคลอน ในสภาพที่มีการปลูกเชื้อ 2 วิธีการ สามารถจำแนกปฏิกิริยาออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ด้านทาน 3 โคลอน ด้านทานปานกลางมี 12 โคลอน อ่อนแอปานกลาง 3 โคลอน อ่อนแอมี 4 โคลอน และอ่อนแอมากมี 1 โคลอน พบว่า วิธีการ wound pin prick เป็นวิธีการประเมินการเกิดโรคที่รวดเร็วได้ เพียง 2 สัปดาห์ ซึ่งผลการทดสอบสอดคล้องกับการเกิดโรคในลำต้นที่ปลูกเชื้อด้วยวิธี wound plug โดยสามารถนำโคลอนที่มีความต้านทานโรคไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์หรือเสนอเป็นพันธุ์รับรองให้เกษตรกรปลูกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ศิริไล ลาภบรรจบ, นัฐภัทร์ คำห้ำ, อมร่า ไตรศิริ. 2561. การคัดเลือกอ้อยโคลนดีเด่นที่ต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดงด้วยเทคนิคการปลูกเชื้อ. วารสารแก่นเกษตร 46: 33–38.
- สุนี ศรีสิงห์, สุวัฒน์ พูลพาน, อุดมศักดิ์ ดวนมีสุข, วลลิกา สุชาโต. 2559. ศึกษาปฏิกิริยาของอ้อยโคลนดีเด่นต่อโรคเหี่ยวเน่าแดงอ้อยชุดปี 2555. ใน: รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุดกรมวิชาการเกษตร. <https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2021/05/81.9.pdf>.
- อัปสร เปลี่ยนสินไชย, สุนี ศรีสิงห์, จันเพ็ญ ศรีทองชัย, ธนิต โสภโณ, วันทนีย์ อู่วาณิชย์, วิฑิตกานต์ ธนวรรณ. 2536. การควบคุมโรคเหี่ยวเน่าแดงโดยชีววิธี. ใน: รายงานผลงานวิจัย อ้อยประจำปี 2536 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 436–452.
- Cueva, F.D., Torres, R., Castro, A., Mendoza, J.V., Balendres, M.A. 2019. Susceptibility of sugarcane to red rot caused by two *Fusarium* species and its impact on stalk sugar level. *J Plant Pathol.* 101: 639–646. doi.org/10.1007/s42161-019-00253-2
- Kalaimani, T. 2000. Pathogenic variability of red rot caused by *Colletotrichum falcatum* Went. In Tamil Nadu. *Indian Sugar.* 49: 841–846.
- Munir, A., Roshan, A., Fasihi, S.D. 1986. Effect of different infection levels of red rot of sugarcane on vane weight and juice quality. *J. Agric Res.* 24: 129–131.
- Sangdit, P., Leksomboon, C., Lertsrutaiyotin, R. 2014. Cultural, Morphological and Pathological Characterization of *Colletotrichum falcatum* Causing Red Rot Disease of Sugarcane in Thailand. *Agr. Nat. Resour.* 48: 880–892. li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/243446
- Singh, S.B., Rao, G.P., Easwarmorthy, S. Sci Tech Publishing, Houston, Texas, UAS. pp. 52–108.
- Srinivasan, K., Bhatt, N.R. 1961. Red rot of sugarcane criteria for grading resistance. *J. Indian Bot. Soc.* 11: 566–577.
- Wang, L., Li, X.F., Xu, Y.M., Chang, Y.D., Wang, J.M. 2017. Analysis of population distribution and genetic variation of plant pathogenic *Fusarium* in Shanxi Province. *Sci. Agric. Sin.* 50: 1802–1816.

การตอบสนองเบื้องต้นของการใช้สารโคลชิซินต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของหมากผู้หมากเมียพันธุ์ 'Caruba black' และ 'Chocolate queen' ในสภาพปลอดเชื้อ

Preliminary responses to Colchicine treatment on survival and growth of *in vitro* Cordyline fruticosa (L.) A.Chev. 'Caruba black' and 'Chocolate queen'

ชุติมณฑน์ ชันสกุล, ปวลิศ กังวลกิจ, เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันทร์*

Chutimon Chansakul, Pawalisa Kangwonkit, Sher Marl Wongchaochant*

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrsmw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลจากการได้รับสารโคลชิซินต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของหมากผู้หมากเมียในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาพันธุ์หมากผู้หมากเมียโดยการชักนำให้เกิดโพลีพลอยด์ โดยนำชิ้นพืชของหมากผู้หมากเมียพันธุ์ 'Caruba black' และ 'Chocolate queen' ในสภาพปลอดเชื้อขนาด 0.5 เซนติเมตร แช่ลงในสารละลายโคลชิซิน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง หลังจากเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เป็นเวลา 60 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตลดต่ำลง เมื่อได้รับสารโคลชิซินเป็นเวลานานขึ้น การเจริญเติบโตของชิ้นพืชทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มลดลง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นพืชที่ขยายใหญ่มากขึ้นเมื่อได้รับสารละลายโคลชิซินเป็นเวลานานขึ้น พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับชิ้นพืชของหมากผู้หมากเมีย 4 ลักษณะ โดยมีความถี่ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงในพันธุ์ 'Chocolate queen' มากกว่าพันธุ์ 'Caruba black' จากการแช่ชิ้นพืชในสารละลายโคลชิซินเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

คำสำคัญ: การกลายพันธุ์, โคลชิซิน, เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, ไม้ประดับ

Abstract

Effects of colchicine treatment on percentage of survival explants and their *in vitro* growth were studied to use as basic data for plant improvement by polyploidy induction. The half centimeter in length of 'Caruba black' and 'Chocolate queen' stem explants were soak in 100 mg/L Colchicine solution for 0, 24, 48 and 72 hours. After culturing the Colchicine treated explants on semi-solid MS medium for 60 days, the explants that soaked with Colchicine solution in longer periods revealed lower percentage of survival. Growth rate of both cultivar explants trended to be decreased in longer period of colchicine treatments, while explant diameter was increased. The Colchicine treated explants represented four morphological characteristic changes. The frequency of changes of 'Chocolate queen' was higher than 'Caruba black' in 48 h Colchicine treated explants.

Keywords: Colchicine, Mutation, Ornamental plant, Tissue culture

คำนำ

หมากผู้หมากเมีย (*Cordyline fruticosa* L.) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Asparagaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น การใช้ประโยชน์ในส่วนของใบเพื่อประกอบการจัดดอกไม้ ใช้ประโยชน์ในส่วนของลำต้นในด้านงานจัดสวนภายในบ้าน ทำให้มีการส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ เช่น ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และอิตาลี ซึ่งมีมูลค่าการส่งออกหมากผู้หมากเมียไปยังต่างประเทศทั้งในรูปแบบต้นไม้ประดับ และใบประดับในปี 2561 มีมูลค่า 6,628,110 บาท และในปี 2562 มีมูลค่าส่งออก 4,798,650 บาท (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2562) ทำให้เป็นที่ต้องการของตลาดเพิ่มขึ้น ด้วยลักษณะของใบที่เป็นลักษณะเด่น มีสีสันสวยงาม จึงทำให้สามารถใช้งานเป็นไม้ประดับ และไม้ตัดใบ ปัจจุบันปัญหาการผลิตของไม้ดอกไม้ประดับนั้น มีปัญหาทางด้านการผลิต มีปริมาณผลผลิตและปริมาณพันธุ์ใหม่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด (สุรเดช, 2560) ในการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีมาตรฐานนั้นผ่านกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศต้องใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์จึงเป็นทางเลือกสำหรับการปรับปรุงพันธุ์หมากผู้หมากเมีย เนื่องจากไม่ได้อาศัยความแปรผันทางพันธุกรรม แต่ชักนำให้เกิดความแปรผันโดยใช้สิ่งก่อการกลาย (อรรถนิ, 2550) ทำให้พืชมีอัตราการกลายที่สูงขึ้น มีโอกาสพบลักษณะใหม่ที่ไม่พบในธรรมชาติและระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์หมากผู้หมากเมีย การชักนำให้เกิดการกลายด้วยสารโคลชิซิน เป็นวิธีที่ใช้ปรับปรุงพันธุ์ไม้ประดับกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากส่งผลให้จำนวนชุดโครโมโซมเปลี่ยนแปลงไป ทำให้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่เปลี่ยนไป เช่น มีขนาดของปากใบใหญ่ขึ้นในแวมยูรา (สสิริ, 2556) และการเพิ่มขนาดของลำต้นดินเดอเนีย (กมลทิพย์, 2558) และการเปลี่ยนแปลงลักษณะและสีใบของ *Populus hopeiensis* (Wu et al., 2022) เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ได้ใช้หมากผู้หมากเมียพันธุ์ 'Carura black' มีขนาดทรงพุ่มสูงประมาณ 55-65 เซนติเมตร ใบสีม่วงจนถึงดำ (เทียบสีจาก RHS Color Chart (Wilson, 1942): Red - Purple Group 72 A) ตัดกับสีเขียวเข้ม ปลายใบรูปหอก ก้านใบชูขึ้น (Peter, 2006) และพันธุ์ 'Chocolate Queen' มีลักษณะรูปใบคล้ายหอก ปลายใบแหลม ผิวใบเรียบ ใบมีสีเขียวเข้มสลับกับแถบสีขาวครีม เมื่อโตเต็มทีใบจะมีสีม่วงน้ำตาลและแดงเข้มเพิ่มขึ้น (Suryapriya et al., 2015) ทั้งสองพันธุ์เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ และสามารถเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี คณะผู้วิจัยจึงรวบรวมต้นพันธุ์หมากผู้หมากเมียมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ด้วยการใช้สารโคลชิซินร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมของหมากผู้หมากเมีย และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์และเพิ่มโอกาสการได้พันธุ์ใหม่มากขึ้นกว่าวิธีการเดิม ซึ่งการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืช จำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานการตอบสนองของพืชหลังจากการได้รับสารโคลชิซินที่มีต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโต งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลจากการได้รับสารโคลชิซินต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของหมากผู้หมากเมียในสภาพปลอดเชื้อเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาพันธุ์หมากผู้หมากเมียต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การฟอกฆ่าเชื้อและเพิ่มจำนวนพืชในสภาพปลอดเชื้อ

นำต้นหมากผู้หมากเมียพันธุ์ 'Carura black' และ 'Chocolate queen' มาฟอกฆ่าเชื้อตามวิธีการของวทันยา (2561) โดยนำยอดยาวประมาณ 30 เซนติเมตรมาตัดใบออก จากนั้นล้างทำความสะอาดผ่านน้ำไหล ร่วมกับ tween-20 ตัดขึ้นส่วนยอดหรือข้อให้มีความยาวขึ้นละประมาณ 5 เซนติเมตร แช่ในสารป้องกันเชื้อราในพืชเป็นเวลา 30 นาที เขย่าขึ้นพืชในสารละลาย Dichloroisocyanurate (SDIC) ความเข้มข้น 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 20 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วจำนวน 3 ครั้ง ตัดเนื้อเยื่อส่วนตายออกจากชิ้นพืชภายในตู้ปลอดเชื้อ เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร

MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชกลุ่มไซโตไคนินความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาล 30 กรัม และ Kelcogel® 2.5 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ให้ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์สีขาว ชนิด cool daylight นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ และย้ายชิ้นพืชลงอาหารขวดใหม่ทุก 30 วัน เพื่อชักนำให้เกิดยอดใหม่หลังจากขยายพันธุ์ต้นหมากผู้หมากเมีย ในสภาพปลอดเชื้อจนได้จำนวนเพียงพอแล้ว เพาะเลี้ยงต้นหมากผู้หมากเมียบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชเป็นเวลา 30 วัน เพื่อลดอิทธิพลจากสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

การให้สารโคลชิซินต้นหมากผู้หมากเมียในสภาพปลอดเชื้อ

นำต้นหมากผู้หมากเมียในสภาพปลอดเชื้อมาตัดส่วนลำต้นเป็นท่อนขนาดยาวท่อนละ 0.5 เซนติเมตร แช่ชิ้นพืชในสารละลายโคลชิซินความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ทั้งหมด 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 ชิ้นพืช จากนั้นนำชิ้นพืชที่ผ่านการแช่สารละลายโคลชิซินมาเพาะเลี้ยงต่อบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชเป็นเวลา 60 วัน โดยมีการย้ายชิ้นพืชแบบไม่ตัดแต่งเนื้อเยื่อ เพาะเลี้ยงในอาหารขวดใหม่ทุก 30 วัน บันทึกเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นหมากผู้หมากเมียโดยสังเกตจากสีของชิ้นพืชที่แสดงลักษณะซีดจางจากสีเขียว กลายเป็นสีขาวหรือสีน้ำตาลอ่อนจะเก็บข้อมูลเป็นชิ้นพืชที่ไม่รอดชีวิต และสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับพืช ทดลองทุก 30 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นหมากผู้หมากเมียหลังจากได้รับสารโคลชิซินในสภาพปลอดเชื้อ

หลังจากแช่ชิ้นพืชหมากผู้หมากเมียพันธุ์ 'Caruba black' และ 'Chocolate queen' ในสารละลายโคลชิซินความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช เป็นเวลา 60 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นหมากผู้หมากเมียทั้งสองพันธุ์ที่ไม่ได้แช่สารละลายโคลชิซิน มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตลดลงเมื่อชิ้นพืชได้รับสารละลายโคลชิซินเป็นเวลานานขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตลดลงกว่า 30 เปอร์เซ็นต์เมื่อได้รับสารละลายนานเกิน 72 ชั่วโมง (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของชนิตา (2558) ที่ศึกษาผลของการแช่ใบววมยุราลูกผสมด้วยสารโคลชิซินที่ระยะเวลาต่างๆ ต่อการเพิ่มจำนวนโครโมโซม พบว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่นานขึ้นทำให้อัตราการรอดชีวิตต่ำลง เนื่องจากสารละลายโคลชิซินมีความเป็นพิษต่อพืช ถ้าความเข้มข้นและระยะเวลาไม่เหมาะสม ทำให้พืชไม่พัฒนาและตายได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดพืชและชิ้นส่วนของพืชด้วย (Takamura et al., 1996)

Table 1 Percentage of survival 'Caruba black' and 'Chocolate queen' explants after 100 mg/L Colchicine treatments for 0, 24, 48, 72 hour and culturing on MS semi-solid medium for 60 days

Cultivar names	Colchicine soaking periods (h)	Percentage of survival explants (%)
'Caruba black'	0	100
	24	82
	48	64
	72	32

Cultivar names	Colchicine soaking periods (h)	Percentage of survival explants (%)
'Chocolate queen'	0	100
	24	84
	48	57
	72	30

จากนั้น นำค่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของหมากผู้หมากเมียทั้งสองพันธุ์ มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่สารละลายโคลชิซินและเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชิ้นพืช เพื่อหาระยะเวลาในการแช่สารละลายโคลชิซินที่ทำให้ต้นหมากผู้หมากเมียตายเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของชุดควบคุม (50% lethal dose หรือ LD_{50(60d)}) เมื่อลากเส้นตรงตัดกราฟที่เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่า LD_{50(60d)} ของพันธุ์ 'Caruba black' เท่ากับ 58 ชั่วโมง และพันธุ์ 'Chocolate queen' เท่ากับ 55 ชั่วโมง (Fig. 1) และเมื่อแทนค่าในสมการ $y = ax + b$ ของกราฟสมการถดถอยเชิงเส้น (linear regression) ที่จุด 0 ถึง 72 ชั่วโมง พบว่าค่า LD_{50(60d)} เท่ากับ 57.89 และ 56.22 ชั่วโมงตามลำดับ

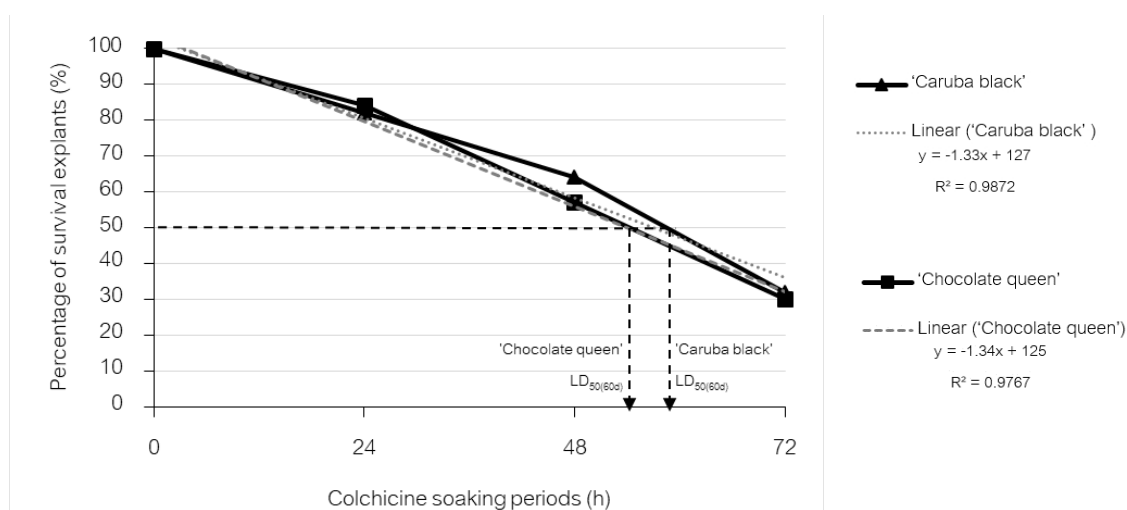


Fig. 1 Relationship between 100 mg/L Colchicine solution soaking periods 0, 24, 48, 72 hour and percentage of survival of 'Caruba black' and 'Chocolate queen' explants after subculture at 60 days

การเจริญเติบโตของหมากผู้หมากเมียหลังจากได้รับสารโคลชิซินในสภาพปลอดเชื้อ

หลังจากนำชิ้นส่วนของหมากผู้หมากเมียพันธุ์ 'Caruba black' และพันธุ์ 'Chocolate queen' แช่สารละลายโคลชิซินที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง และเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่แข็งสูตร MS ที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 30 และ 60 วัน พบว่าพันธุ์ 'Caruba black' มีแนวโน้มการเจริญเติบโตของความสูงเฉลี่ยของชิ้นพืชและจำนวนใบเฉลี่ยต่อกอลดลง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นพืชที่ขยายใหญ่มากขึ้นเมื่อได้รับสารละลายโคลชิซินเป็นเวลานานขึ้น ในส่วนของจำนวนเฉลี่ยของรากและยอดใหม่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

Table 2 Growth of *C. fruticosa* 'Caruba black' after 100 mg/L Colchicine treatments for 0, 24, 48, 72 hour and culturing on MS semi-solid medium for 30 and 60 days

Colchicine soaking periods (h)	Average shoot length (cm)		Average leaf number per clum		Average root number per clum		Average new shoot number per clum		Average stem diameter (cm)	
	30d	60d	30d	60d	30d	60d	30d	60d	30d	60d
	0	3.87±1.0 ^a	6.92±0.7 ^a	4.90±3.2 ^a	9.20±5.0 ^{ab}	2.90±1.6	4.20±1.2	1.30±1.1	1.70±1.0	0.25±0.6 ^b
24	2.94±0.8 ^b	5.75±1.5 ^b	4.50±2.3 ^{ab}	11.30±3.7 ^a	2.70±2.2	4.90±2.4	2.20±1.7	2.60±1.7	0.23±0.8 ^b	0.35±1.3 ^a
48	2.53±0.8 ^b	3.09±0.9 ^c	2.40±1.5 ^c	6.20±5.1 ^b	2.30±2.0	4.60±3.6	1.10±1.6	1.80±1.8	0.31±0.7 ^a	0.35±0.8 ^a
72	2.59±0.9 ^b	3.19±0.5 ^c	3.70±1.4 ^{ab}	9.70±3.6 ^{ab}	1.90±1.5	4.40±2.8	1.90±0.7	2.20±1.4	0.33±1.0 ^a	0.37±1.1 ^a
F-test	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	*	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$);

ns: not significant

Table 3 Growth of *C. fruticosa* 'Chocolate queen' after 100 mg/L Colchicine treatments for 0, 24, 48, 72 hour and culturing on MS semi-solid medium for 30 and 60 days

Colchicine soaking periods (h)	Average shoot length (cm)		Average leaf number per clum		Average root number per clum		Average new shoot number per clum		Average stem diameter (cm)	
	30d	60d	30d	60d	30d	60d	30d	60d	30d	60d
	0	3.18±0.4	4.04±6.1 ^{ab}	5.80±3.9	15.70±8.9	3.70±1.5 ^{ab}	5.90±1.1	2.30±2.3 ^{ab}	3.40±2.8 ^{ab}	0.20±0.4 ^c
24	2.75±0.6	3.34±0.8 ^b	7.20±4.0	18.66±9.0	4.50±1.9 ^a	8.30±4.7	3.70±1.6 ^a	4.70±2.0 ^a	0.28±0.9 ^{ab}	0.36±0.8 ^{ab}
48	2.60±0.7	3.64±1.3 ^{ab}	5.50±3.8	14.30±8.2	2.40±1.5 ^{bc}	4.40±2.8	1.30±1.9 ^b	2.40±2.5 ^{ab}	0.23±0.7 ^{bc}	0.37±0.8 ^{ab}
72	3.14±1.0	4.66±1.3 ^a	4.50±3.3	12.00±8.3	1.80±1.4 ^c	6.30±9.9	1.70±1.7 ^b	2.30±2.2 ^b	0.33±0.8 ^a	0.39±0.5 ^a
F-test	ns	*	ns	ns	*	ns	*	*	*	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$);

ns: not significant

ส่วนพันธุ์ 'Chocolate queen' พบว่าแนวโน้มการเจริญเติบโตของความสูงเฉลี่ยของต้นพืชและจำนวนรากเฉลี่ยต่อกอ จำนวนยอดใหม่เฉลี่ยต่อกอลดลง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นพืชที่ขยายใหญ่มากขึ้นเมื่อได้รับสารละลายโคลชิซินเป็นเวลานานขึ้น ในส่วนของจำนวนใบเฉลี่ยต่อกอไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของหมากผู้หมากเมียหลังจากได้รับสารโคลชิซินในสภาพปลอดเชื้อ

หลังจากนำชิ้นส่วนของหมากผู้หมากเมียพันธุ์ 'Caruba black' และพันธุ์ 'Chocolate queen' แช่สารละลายโคลชิซินที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง และเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่แข็งสูตร MS ที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 60 วัน พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับต้นพืชของหมากผู้หมากเมีย 4 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะที่ 1 ใบอวบสั้น สีเขียวเข้ม เจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ลักษณะที่ 2 ใบอวบสั้น สีขาว เจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ลักษณะที่ 3 ใบอวบสั้น สีขาวสลับเขียว เจริญเติบโตช้ากว่าปกติ และลักษณะที่ 4 ใบหนา ก้านใบมีเส้นสีแดง เจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ซึ่งทั้ง 4 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงมีเปอร์เซ็นต์การเกิดอยู่ในช่วง 0-15 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการแช่สารละลายโคลชิซิน จากการทดลองพบว่าการแช่ต้นพืชในสารละลายโคลชิซิน

ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 48 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นความถี่ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะการเจริญเติบโตของชิ้นพืชมากที่สุดในพื้นที่ 'Chocolate queen' ส่วนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้ง 4 ลักษณะ พบว่ามีความถี่ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ 'Chocolate queen' มากกว่าพื้นที่ 'Caruba black' (Table 4)

Table 4 Percentage of morphological characteristic changes of 'Caruba black' and 'Chocolate queen' explants after 100 mg/L Colchicine treatments for 0, 24, 48, 72 hour and culturing on MS semi-solid medium for 60 days

Character number	Morphological characteristics of new shoot explants	Cultivar names	Colchicine soaking periods (h)			
			0	24	48	72
1	Dark green thick leaf	'Caruba black'	0	3	7	2
	and slowly growth	'Chocolate queen'	0	6	9	4
2	Albino thick leaf	'Caruba black'	0	2	4	5
	and slowly growth	'Chocolate queen'	0	3	5	10
3	Green and white strap thick leaf	'Caruba black'	0	5	5	3
	and slowly growth	'Chocolate queen'	0	8	14	7
4	Red line on leaf petiole	'Caruba black'	0	0	2	1
	and slowly growth	'Chocolate queen'	0	0	3	1

การได้รับสารโคลชิซินที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นหรือมีระยะเวลาในการแช่สารนานเกินไป จะส่งผลให้ความสามารถในการถูกชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ลดลง เนื่องจากเกิดความเป็นพิษภายในเซลล์ เซลล์ทำงานผิดปกติ เซลล์ที่ได้รับสารโคลชิซิน ไมโครทิวบูลจะไม่สามารถต่อกันเป็นสาย spindle fiber ทำให้โครโมโซมในระยะเมทาเฟสไม่ถูกดึงไปยังขั้วเซลล์ ภายในเซลล์จึงมีจำนวนโครโมโซมเป็นดิพลอยด์และสามารถเพิ่มจำนวนโครโมโซมเป็น 2 เท่าหลังจากผ่านกระบวนการแบ่งเซลล์ในรอบถัดไป Caperta (2006) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจำนวนชุดโครโมโซม สามารถก่อให้เกิดลักษณะต่างๆ เช่น การเพิ่มขนาดของเซลล์ โดยนิยมนำสังเกตจากเซลล์ปากใบ ละอองเกสร (He et al., 2016) และคลอโรพลาสต์ (Mccuittion and Elmstrom, 1983; Liu et al., 2007) จากการที่ขนาดเซลล์ใหญ่ขึ้นส่งผลให้เกิดลักษณะการเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ เช่น ใบอวบหนา สีเข้มขึ้น ลำต้นอวบใหญ่กว่าปกติ นอกจากนี้ยังสามารถเกิดการต่างจาก cytochimera จากการได้รับสารโคลชิซิน (Dermen, 1940) และมีรายงานการเปลี่ยนแปลงลักษณะใบและสีของใบจากการได้รับสารโคลชิซินของ *Neolamarckia cadamba* (Eng et al., 2021) และ *Populus hopeiensis* (Wu et al., 2022) ซึ่งพบเช่นเดียวกับในหมากผู้หมากเมียด้วย และจากข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปสร้างประชากรหมากผู้หมากเมียที่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรม สำหรับใช้ในการคัดเลือกและพัฒนาพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุป

หมากผู้หมากเมียพันธุ์ 'Caruba black' และ 'Chocolate Queen' ที่ได้รับสารโคลชิซินความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง หลังจากเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 60 วัน มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตลดลงต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์เมื่อได้รับสารโคลชิซินเป็นเวลานานกว่า 72 ชั่วโมง ค่า $LD_{50(60d)}$ จากการลากเส้นตัดกราฟที่เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 50 เปอร์เซ็นต์ของพันธุ์ 'Caruba black' เท่ากับ 58 ชั่วโมง และพันธุ์ 'Chocolate queen'

เท่ากับ 55 ชั่วโมง และเมื่อแทนค่าในสมการของกราฟสมการถดถอยเชิงเส้น ค่า $LD_{50(60d)}$ เท่ากับ 57.89 และ 56.22 ชั่วโมงตามลำดับ การเจริญเติบโตของขึ้นพืชทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มลดลง การแช่ขึ้นพืชในสารละลายโคลชิซินเป็นเวลา 48 ชั่วโมงขึ้นไป พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับขึ้นพืชของหมากผู้หมากเมีย 4 ลักษณะ และมีความถี่ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะระหว่างการเจริญเติบโตในพันธุ์ 'Chocolate queen' มากกว่าพันธุ์ 'Caruba black'

เอกสารอ้างอิง

- กมลทิพย์ สังข์แก้ว. 2558. การชักนำให้เกิดโพลีพลอยดีในดินเดอเนียภายใต้สภาพปลอดเชื้อด้วยการใช้สารโคลชิซินชนิดเม็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนิตา เทียนทองถาวร. 2558. การชักนำให้เกิดโพลีพลอยดีในแวมมูราลูกผสมด้วยโคลชิซินชนิดเม็ด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณรงค์ สำลีรัตน์. 2556. สายพันธุ์และการดูแลหมากผู้หมากเมีย คลังความรู้ สำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. <http://www.samutprakan.doae.go.th/>
- วทันยา รักรัทธิวิญญู. 2561. เปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพอกฆ่าเชื้อของขึ้นส่วนต้นหมากผู้หมากเมีย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สลีรี บุญบังการ. 2556. การชักนำให้เกิดโพลีพลอยดีในแวมมูราพื้นเมือง (*Torenia fourmieri*) ด้วยการใช้สารโคลชิซินชนิดเม็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรเดช สดคมขำ. 2560. สถานการณ์การผลิตการตลาดไม้ดอกไม้ประดับของไทย. <https://www.technologychaoban.com>, 5 ธันวาคม 2565.
- สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2562. ข้อมูลการส่งออกไม้ประดับ. <https://www.doa.go.th>, 5 ธันวาคม 2565.
- อรุณี วงศ์ปิยะสกลิต. 2530. เอกสารคำสอนวิชารังสีวิทยา. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Caperta, A. D., Delgado, M., Reaurreicao, F., Meister, A., Jones W. V., Houben, A. 2006. Colchicine-induces polyploidization depends on tubulin polymerization in *Cmethaphase* cells, *Protoplasma* 227: 147-153. doi.org/10.1007/s00709-005-0137-z.
- Dermen, H. 1940. Colchicine polyploidy and technique. *Bot. Rev.* 6: 599-635. [jstor.org/stable/4353239](http://www.jstor.org/stable/4353239)
- Eng, W. H., Ho, W. S., Ling, K. H. 2021. *In vitro* induction and identification of polyploid *Neolamarckia cadamba* plants by colchicine treatment. *PeerJ* 9: e12399. doi.org/10.7717/peerj.12399.
- He, M., Gao, W., Gao, Y., Liu, Y., Yang, X., Jiao, H., Zhou, Y. 2016. Polyploidy induced by colchicine in *Dendranthema indicum* var. *aromaticum*, a scented chrysanthemum. *Eur. J. Hort. Sci.* 81: 219-226. 10.17660/eJHS.2016/81.4.5
- Liu, G., Li, Z., Bao, M. 2007. Colchicine induction chromosome doubling in *Platanus acerifolia* and its effect on plant morphology. *Euphytica* 157: 145-154. doi.org/10.1007/s10681-007-9406-6
- Mccuition, F., Elmstrom, G. W. 1983. Identifying polyploids of various cucurbits by stomata guard cell chloroplast number. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 106: 155-157.
- Murashige, T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497. doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

- Peter B. 2006. Variety of Cordyline Plant Named "Bra01". Plant Patent Application Publication Brauns. US 2006/004.8257 P1.
- Suryapriya, I., Arulmozhiyan, R., Sankari, A., Anand, M. 2015. Evaluation of cut-foliage plants for Eastern Ghats. J. Hortic. 10: 24-9. jhs.iihr.res.in/index.php/jhs/article/view/149
- Takamura, T., Miyajima, I. 1996. Colchicine induced tetraploids in yellow-flowered cyclamens and their characteristics. Sci. Hortic. 65: 305-312. [doi.org/10.1016/0304-4238\(96\)00896-5](https://doi.org/10.1016/0304-4238(96)00896-5)
- Wilson, R.F. 1942. Horticultural Colour Chart. British Colour Council in Collaboration with The Royal Horticultural Society, London, UK.
- Wu, J., Cheng, X., Kong, B., Zhou, Q., Sang Y., Zhang, P. 2022. *In vitro* octaploid induction of *Populus hopeiensis* with colchicine. BMC Plant Biol. 22:176. doi.org/10.1186/s12870-022-03571-3

ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการมีชีวิตรอดและการเจริญเติบโตของกระชายดำในสภาพปลอดเชื้อ

Effects of acute gamma irradiation on survival and growth of *in vitro* black galingale

วรชาติ ชัยสมบูรณ์พันธ์, เมธมาลย์ วงศ์ชาวจันท*

Worachat Chaisomboonpan, Sher Marl Wongchaochant*

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

*Corresponding author. E-mail address: agrsmw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

กระชายดำเป็นพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพทางการค้า การขยายพันธุ์โดยอาศัยเพศเป็นไปได้ช้า มีความหลากหลายทางพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการมีชีวิตรอดและการเจริญเติบโตของกระชายดำในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ โดยนำเหง้ากระชายดำขนาด 1 เซนติเมตรในสภาพปลอดเชื้อมาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณรังสี 0, 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 เกรย์ และหลังจากเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 60 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชิ้นพืช M_1V_1 มีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับรังสีแกมมาในปริมาณที่มากขึ้น ค่า $LD_{50(60d)}$ ของกระชายดำเท่ากับ 24 เกรย์ การเจริญเติบโตของกระชายดำในรุ่น M_1V_2 ถึง M_1V_4 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตลดลงตามปริมาณการได้รับรังสีที่เพิ่มขึ้น และพบลักษณะเปลี่ยนแปลงในพืชที่ได้รับรังสีในช่วง 20 ถึง 40 เกรย์

คำสำคัญ: กระชายดำ, การกลายพันธุ์, เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, รังสีแกมมา

Abstract

Black galingale is a high commercial potential medicinal plant. Sexual propagation of black galingale is low propagation rate, low genetic variation in nature. The effects of acute gamma irradiation on survival and growth of *in vitro* black galingale were studied to be basic research for crop improvement. The one centimeter in length clum explants were acute irradiated with gamma ray doses at 0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 Gy. After *in vitro* culturing for 60 days, the percentage of survival explant of all M_1V_1 explants trended to decrease while gamma ray doses were increased. $LD_{50(60d)}$ of irradiated explants was 24 Gy. Almost all of growth rate of M_1V_2 to M_1V_4 was normal with slightly decrease depending on the increasing of gamma ray doses. Changing of morphological characteristics was found in 20–40 Gy irradiated explants.

Keywords: Black galingale, Gamma ray, Mutation, Tissue culture

คำนำ

กระชายดำ หรือ *Kaempferia parviflora* Wall ex Baker (เต็ม, 2544) อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae เป็นหนึ่งในสมุนไพรที่รัฐบาลผลักดันให้เป็นสมุนไพรแห่งชาติ เนื่องจากเป็นพืชสมุนไพรที่มีแหล่งกระจายพันธุ์อยู่ในแถบอินโดจีน มีศักยภาพทางการค้าสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด เกษตรกรผู้ปลูกและผู้ประกอบการจำหน่ายผลิตภัณฑ์กระชายดำได้ใช้สีเนื้อในเหง้ากระชายดำเป็นเกณฑ์ในการคัดเกรดและกำหนดราคา (เสริมสกุล และคณะ, 2546; Pojanagaroon and Kaewrak, 2003) กระชายดำที่เกษตรกรปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกโดยกรมวิชาการเกษตร ซึ่งขึ้นทะเบียนกระชายดำไว้เมื่อปี พ.ศ. 2549 จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ 'ภูเรือ-10' และพันธุ์ 'ภูเรือ-12' (เสริมสกุล และไชยยง, 2547) และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ 11 ชนิด ในปริมาณสูงถึง 40.27 มิลลิกรัมต่อกรัม ของเหง้ากระชายดำแห้ง (Sutthanut et al., 2007) ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาไม่มีพันธุ์กระชายดำที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่ และกระชายดำเป็นพืชที่มีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ทำให้ลักษณะทางพันธุกรรมเกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยในสภาพธรรมชาติ การพัฒนาพันธุ์โดยการคัดเลือกพันธุ์ตามธรรมชาติมีความหลากหลายของลักษณะที่สามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกได้ค่อนข้างน้อย ปัจจุบันยังประสบปัญหาสาธิตสำคัญในหัวกระชายดำที่เก็บเกี่ยวมีคุณภาพไม่แน่นอน ส่งผลต่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง คณะผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนาพันธุ์กระชายดำให้มีคุณภาพดีขึ้นและพัฒนากระบวนการผลิตส่วนขยายพันธุ์ที่ปลอดภัย ทดแทนการใช้หัวพันธุ์วนซ้ำจนเกิดปัญหาโรคระบาดในแหล่งผลิต วิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชกลุ่มกระชายดำโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ เป็นวิธีการที่สามารถช่วยเร่งระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์พืชในกลุ่มนี้ได้ดีเนื่องจากสามารถลดอุปสรรคจากการพักตัวของหัวพันธุ์และเมล็ดพันธุ์ และต้นกล้าที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์สามารถขยายพันธุ์ต่อในสภาพปลอดเชื้อได้อย่างรวดเร็วและมีความตรงตามพันธุ์ มีรายงานเกี่ยวกับการชักนำให้เกิดความแปรปรวนทางพันธุกรรมในสภาพปลอดเชื้อของพืชสมุนไพรบางชนิดเพื่อเพิ่มปริมาณสารสำคัญ เช่น *Acorus calamus* L. (Lee and Han, 2014), *Thymus algeriensis* (Douar-Latreche et al., 2018) และ *Helianthus tuberosus* (Mounir et al., 2022) ซึ่งการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืช จำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานการตอบสนองของพืชหลังจากการได้รับสิ่งก่อกลายพันธุ์ที่มีต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโต งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลจากการได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของกระชายดำในสภาพปลอดเชื้อเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การฟอกฆ่าเชื้อและเพิ่มจำนวนพืชในสภาพปลอดเชื้อ

รวบรวมหัวพันธุ์กระชายดำกลุ่มใบแดงซึ่งเป็นชนิดที่ให้สารสำคัญกลุ่มฟลาโวนอยด์สูงจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกระชายดำบริเวณ อ.นาแห้ว จ.เลย และ อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ นำมาเพาะให้หัวกระชายดำหมดการพักตัว จากนั้นเก็บยอดที่งอกใหม่จากหัวกระชายดำมาฟอกฆ่าเชื้อ โดยใช้ยอดขนาดยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดยอดพืชด้วยน้ำไหลผ่านนาน 5 นาที แช่ขึ้นส่วนยอดในสารป้องกันเชื้อราในพืชร่วมกับ tween-20 เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาทดสอบวิธีการฟอกฆ่าเชื้อ 4 กรรมวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1	Dichloroisocyanurate (SDIC) ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าเป็นเวลา 20 นาที
กรรมวิธีที่ 2	Dichloroisocyanurate (SDIC) ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 นาที
กรรมวิธีที่ 3	Dichloroisocyanurate (SDIC) ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าเป็นเวลา 20 นาที

กรรมวิธีที่ 4 Dichloroisocyanurate (SDIC) ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 นาที หลังจากพอกฆ่าเชื้อตามวิธีการข้างต้น นำชิ้นส่วนพืชมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วจำนวน 3 ครั้ง ตัดชิ้นส่วนพืชภายในตู้ปลอดเชื้อ โดยตัดให้ชิ้นพืชยาว 0.3–0.5 เซนติเมตรโดยประมาณ เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่กึ่งแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติมน้ำตาล 30 กรัม และ Kelcogel® 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 ลิตร เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์สีขาว ชนิด cool daylight นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 30 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 40 ชิ้นพืช เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชิ้นพืชที่ปลอดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ พร้อมกับเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชิ้นพืชหลังจากพอกฆ่าเชื้อ ทุก 1 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยสังเกตจากสีของชิ้นพืชที่มีการซีดจางจากสีเขียวกลายเป็นสีขาวหรือสีน้ำตาลอ่อนจะเก็บข้อมูลเป็นชิ้นพืชที่ไม่รอดชีวิต หลังจากได้ชิ้นพืชปลอดเชื้อ เพิ่มจำนวนยอดใหม่ในอาหารสังเคราะห์ที่กึ่งแข็งสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมน้ำตาล 30 กรัม และ Kelcogel® 2.5 กรัมต่ออาหาร 1 ลิตร เพาะเลี้ยงสภาพแวดล้อมเดียวกับขั้นตอนการพอกฆ่าเชื้อชิ้นพืช

การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในสภาพปลอดเชื้อ

ตัดแยกเหง้ากระชายดำในสภาพปลอดเชื้อให้มีจำนวน 1 ยอดต่อ 1 ชิ้นพืช ขนาดประมาณ 1.5 เซนติเมตร เพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ที่กึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชเป็นระยะเวลา 1 เดือน เพื่อลดอิทธิพลจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ถูกเติมลงในอาหารสังเคราะห์ระหว่างการขยายพันธุ์ นำต้นกระชายดำในสภาพปลอดเชื้อไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ณ ศูนย์บริการฉายรังสี แกมมาและนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ด้วยเครื่อง Mark-I Gamma irradiation โดยมี Cs-137 เป็นแหล่งกำเนิดรังสี โดยใช้ปริมาณรังสี 0, 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 เกรย์ ทั้งหมด 3 ซ้ำ ซ้ำละ 40 ชิ้นพืช วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) หลังจากชิ้นพืชได้รับรังสีแกมมา ย้ายลงในอาหารสังเคราะห์ที่กึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช หลังจากเพาะเลี้ยงชิ้นพืชเพาะเลี้ยงในสภาพแวดล้อมเดียวกับขั้นตอนการพอกฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 และ 60 วัน เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นพืชที่ผ่านการฉายรังสี เพื่อคำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่ทำให้ต้นกระชายดำตายจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนต้นทั้งหมด (50% lethal dose, LD₅₀) และคัดเลือกต้นที่รอดชีวิตเพาะเลี้ยงต่อไปในสภาพปลอดเชื้อเพื่อสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับพืช ได้แก่ จำนวนยอด จำนวนราก ความยาวราก ขนาดใบ ขนาดต้น ลักษณะใบ สีของใบ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การพอกฆ่าเชื้อและเพิ่มจำนวนพืชในสภาพปลอดเชื้อ

จากการพอกฆ่าเชื้อชิ้นพืช 4 กรรมวิธี พบว่าการพอกฆ่าเชื้อด้วยการใช้ SDIC ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 นาที, SDIC ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าเป็นเวลา 20 นาที และ SDIC ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) และเมื่อคัดเลือกชิ้นพืชที่ปลอดจากการปนเปื้อนในกระบวนการพอกฆ่าเชื้อแล้วมาเพาะเลี้ยงต่อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าชิ้นพืชที่ได้จากกรรมวิธีพอกฆ่าเชื้อด้วยการใช้ SDIC ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

Table 1 Percentage of explant contamination after using four surface cleaning treatments and culturing on semi-solid MS medium for 4 weeks

Treatment	Percentage of explant contamination (%)			
	1 st wk	2 nd wk	3 rd wk	4 th wk
SDIC 1,000 mg/L for 20 min	59.50±7.38 ^a	70.00±3.02 ^a	75.08±4.27 ^a	75.25±3.41 ^a
SDIC 1,000 mg/L for 30 min	50.42±4.01 ^b	50.00±3.98 ^b	50.67±3.50 ^b	51.17±3.74 ^b
SDIC 2,000 mg/L for 20 min	39.83±5.97 ^c	40.25±5.61 ^c	40.67±5.53 ^c	42.25±6.06 ^c
SDIC 2,000 mg/L for 30 min	40.17±5.84 ^c	40.33±5.16 ^c	41.42±4.23 ^c	41.42±4.23 ^c
F-test	*	*	*	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2 Percentage of survival explants after using four surface cleaning treatments and culturing on semi-solid MS medium for 4 weeks

Treatment	Percentage of survival explants (%)			
	1 st wk	2 nd wk	3 rd wk	4 th wk
SDIC 1,000 mg/L for 20 min	53.08±9.96 ^b	35.42±7.06 ^b	35.08±2.57 ^b	34.58±6.29 ^b
SDIC 1,000 mg/L for 30 min	52.08±9.01 ^b	50.92±5.81 ^a	50.83±8.32 ^a	50.08±4.48 ^a
SDIC 2,000 mg/L for 20 min	59.67±3.16 ^a	41.00±5.53 ^b	39.92±5.57 ^b	29.67±8.04 ^c
SDIC 2,000 mg/L for 30 min	65.42±7.96 ^a	41.75±4.37 ^b	29.25±9.49 ^c	21.83±4.88 ^c
F-test	*	*	*	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$); ns : not significant;

เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นกระชายดำหลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในสภาพปลอดเชื้อ

หลังจากพืชได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ปริมาณรังสี 0, 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 เกรย์ และเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่แข็งสูตร MS เป็นเวลา 30 วัน (รุ่น M₁V₁) พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชิ้นพืชของต้นกระชายดำมีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับรังสีในปริมาณที่มากขึ้น ชิ้นพืชที่ไม่ได้รับรังสีมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์ และชิ้นพืชจากต้นกระชายดำที่ได้รับปริมาณรังสีมากกว่า 60 เกรย์ มีชิ้นพืชที่มีชีวิตจำนวนลดลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตลดต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์เมื่อได้รับปริมาณรังสีสูงกว่า 120 เกรย์ หลังจากเพาะเลี้ยงชิ้นพืชเป็นเวลา 60 วัน พบชิ้นพืชที่ไม่รอดชีวิตจำนวนมากขึ้น และไม่พบชิ้นพืชที่รอดชีวิตในกลุ่มที่ได้รับปริมาณรังสีสูงกว่า 80 เกรย์ (Table 3)

Table 3 Percentage of survival explants after acute gamma irradiation at 0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 Gy and culturing on semi-solid MS medium for 30 and 60 days

Gamma ray doses (Gy)	Percentage of survival explants (%)	
	30d	60d
0	100.0	100.0
20	95.8	60.0
40	67.5	12.5
60	51.7	1.7
80	22.5	0
100	20.8	0
120	15.0	0

จากนั้น นำค่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นกระชายดำ มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแกมมาที่พืชได้รับและเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของชิ้นพืช เพื่อหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมที่ทำให้ต้นกระชายดำตายเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของชุดควบคุม (50% lethal dose หรือ $LD_{50(60d)}$) เมื่อลากเส้นตรงตัดกราฟที่เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่า $LD_{50(60d)}$ ของกระชายดำเท่ากับ 24 เกรย์ และเมื่อแทนค่าในสมการ $y = ax + b$ ของกราฟสมการถดถอยเชิงเส้น (linear regression) ที่จุด 0 ถึง 120 เกรย์ พบว่าค่า $LD_{50(60d)}$ เท่ากับ 23.74 เกรย์ (Fig. 1)

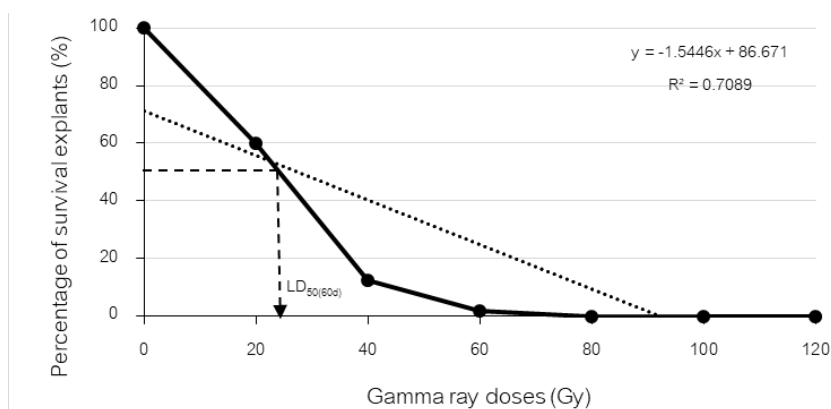


Fig. 1 Relationship between gamma ray doses at 0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 Gy and percentage of survival of black galangale explants after *in vitro* culturing for 60 days

การเจริญเติบโตของต้นกระชายดำหลังจากได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในสภาพปลอดเชื้อ

หลังจากเก็บข้อมูลการรอดชีวิตครบ 60 วัน คัดเลือกต้นที่รอดชีวิตเพาะเลี้ยงต่อไปในสภาพปลอดเชื้อและตัดย้ายเนื้อเยื่อพืชทุก 30 วัน เพื่อสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืช พบว่าการเจริญเติบโตของกระชายดำในรุ่น M_1V_2 (Table 4) M_1V_3 (Table 5) และ M_1V_4 (Table 6) ส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตปกติ โดยมีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตลดลงตามปริมาณการได้รับรังสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่มีชิ้นพืชที่รอดชีวิตจากการได้รับรังสี

แกมมาในปริมาณมากกว่า 80 เกรย์ และการได้รับรังสีแกมมาไม่ส่งผลกระทบต่อขนาดของโคนลำต้นและความยาวรากของกระชายดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 4 Growth of black galingale after acute gamma irradiation at 0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 Gy and 1st subculturing on semi-solid MS medium for 30 days (M₁V₂)

Gamma ray doses (Gy)	Leaf number	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Root number	Root length (cm)	New shoot number per clum
0	3.29±0.73	0.37±0.07 ^a	1.21±0.13 ^a	2.49±0.17 ^a	0.23±0.06	4.21±0.58 ^a	1.26±0.12	2.21±0.70 ^a
20	3.21±0.58	0.35±0.05 ^{ab}	1.16±0.12 ^b	2.19±0.21 ^b	0.22±0.07	4.00±0.88 ^{ab}	1.27±0.11	2.43±0.65 ^a
40	2.71±0.73	0.34±0.07 ^b	1.17±0.10 ^b	2.07±0.22 ^b	0.21±0.06	3.36±0.84 ^b	1.28±0.16	1.43±0.76 ^b
60	2.50±0.70	0.35±0.06 ^{ab}	1.10±0.10 ^b	1.75±0.23 ^c	0.25±0.05	3.00±0.87 ^b	1.40±0.13	2.00±0.63 ^a
80	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-
F-test	ns	*	*	*	ns	*	ns	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$); ns : not significant; - : no survival explant

Table 5 Growth of black galingale after acute gamma irradiation at 0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 Gy and 2nd subculturing on semi-solid MS medium for 30 days (M₁V₃)

Gamma ray doses (Gy)	Leaf number	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Root number	Root length (cm)	New shoot number per clum
0	3.29±0.73 ^a	0.37±0.07 ^a	1.21±0.15 ^a	2.49±0.17 ^a	0.23±0.06	4.21±0.58 ^a	1.26±0.12	2.21±0.70 ^a
20	3.57±0.65 ^a	0.34±0.05 ^{ab}	1.24±0.13 ^a	2.21±0.19 ^b	0.24±0.06	4.29±0.83 ^a	1.25±0.16	2.36±0.50 ^a
40	2.93±0.73 ^b	0.32±0.05 ^b	1.22±0.14 ^a	2.06±0.19 ^b	0.28±0.07	3.14±0.77 ^b	1.23±0.11	1.07±0.83 ^{ab}
60	2.50±0.58 ^b	0.35±0.06 ^{ab}	1.13±0.05 ^b	1.65±0.24 ^c	0.25 ± 0.06	2.75±0.96 ^b	1.28±0.19	0.75±0.50 ^b
80	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-
F-test	*	*	*	*	ns	*	ns	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$); ns : not significant; - : no survival explant

นอกจากนี้ยังพบลักษณะการเจริญเติบโตแบบผิดปกติบางต้น เช่น ใบมีลักษณะหงิก (Fig. 2A) เกิดการสร้างกระจุกของกุ่มยอดขนาดเล็ก (Fig. 2B) ใบมีสีอ่อนกว่าต้นปกติ (Fig. 2C) ซึ่งพบในยอดที่พัฒนาจากชิ้นพืชที่ได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 20 และ 40 เกรย์ และใบต่างขาสลับเขียว (Fig. 2D) พบเฉพาะในยอดที่พัฒนาจากชิ้นพืชที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณ 20 เกรย์

Table 6 Growth of black galingale after acute gamma irradiation at 0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 Gy and 3rd subculturing on semi-solid MS medium for 30 days (M₁V₄)

Gamma ray doses (Gy)	Leaf number	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Root number	Root length (cm)	New shoot number per clum
0	3.29±0.47 ^a	0.36±0.05 ^a	1.20±0.13 ^a	2.53±0.19 ^a	0.24±0.08	4.07±0.62 ^{ab}	1.28±0.14	2.14±0.66 ^a
20	3.29±0.61 ^a	0.34±0.05 ^{ab}	1.24±0.10 ^a	2.27±0.14 ^b	0.26±0.05	4.14±0.86 ^a	1.29±0.12	2.43±0.51 ^a
40	2.79±0.70 ^b	0.33±0.07 ^b	1.19±0.13 ^b	2.01±0.10 ^b	0.26±0.06	2.93±0.83 ^b	1.28±0.13	1.36±0.84 ^{ab}
60	2.57±0.53 ^b	0.36±0.05 ^a	1.11±0.05 ^b	1.60±0.18 ^c	0.26±0.05	2.57±0.79 ^b	1.24±0.17	0.57±0.53 ^b
80	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-
F-test	*	*	*	*	ns	*	ns	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$); ns : not significant; - : no survival explant

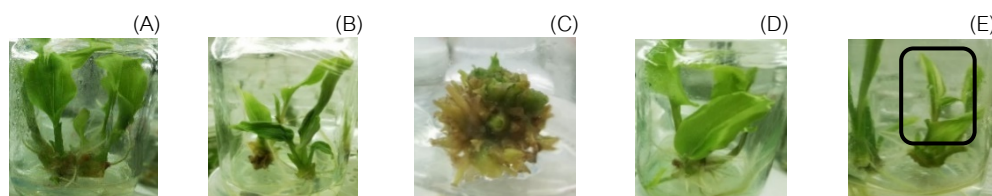


Fig. 2 Morphological characteristic changes after acute gamma irradiation at 20 and 40 Gy in M₁V₂ to M₁V₄ black galingale: control (A); curly leaves (B); small new shoot clum (C); light green leaf color (D); variegated leaf color (E)

ความผิดปกติของพืชที่แสดงออกหลังได้รับรังสีนั้นเป็นผลมาจากที่รังสีไปลดปริมาณไฮโดรโคโรนินในพืช ส่งผลกระทบต่อด้านสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของพืช (Ashraf et al., 2003) ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับการได้พืชกลายพันธุ์ที่มีลักษณะดี เนื่องจากพืชมีการซ่อมแซมดีเอ็นเอที่รวดเร็ว มีการสร้างฮอร์โมนและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต (Majeed et al. 2018) และเกี่ยวข้องกับการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อลดความเครียดจากการได้รับรังสีหรือสภาพการเจริญเติบโตที่ไม่เหมาะสมได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ของ Abdullah et al. (2018) ซึ่งพบลักษณะใบต่างใบสีเขียวอ่อน และข้อถี่ในต้นกลายที่มีปริมาณสารสำคัญสูงกว่าต้นปกติ

สรุป

การใช้สาร SDIC ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 30 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่นำมาใช้กับกระชายดำ เนื่องจากทำให้ขึ้นพืชมีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และรอดชีวิตมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากพืชได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน และเพาะเลี้ยง เป็นเวลา 30 วัน (รุ่น M₁V₁) พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของขึ้นพืชมีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับรังสีในปริมาณที่มากขึ้น หลังจากเพาะเลี้ยง 60 วัน ไม่พบขึ้นพืชที่รอดชีวิตในกลุ่มที่ได้รับปริมาณรังสีสูงกว่า 80 เกรย์ การเจริญเติบโตในรุ่น M₁V₂ ถึง M₁V₄ ส่วนใหญ่มีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตลดลงตามปริมาณการได้รับรังสีที่เพิ่มขึ้น พบลักษณะการเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลง เช่น ใบมีลักษณะหงิก เกิดการสร้างกระจุกของกล่มยอดขนาดเล็ก ใบมีสีอ่อนกว่าต้นปกติ และใบต่างขาวสลับเขียว ในยอดขึ้นพืชที่ได้รับรังสีปริมาณ 20 และ 40 เกรย์

เอกสารอ้างอิง

- เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัทประชาชน จำกัด, กรุงเทพฯ.
- เสริมสกุล พจนการุณ, เซวง แก้วรักษ์. 2546. ทศนคติ พฤติกรรมการบริโภค และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์สมุนไพรกระชายดำของผู้บริโภค: กรณีศึกษา อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย ใน: การสัมมนาวิชาการเกษตรประจำปี 2546 มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น, หน้า 653–669.
- เสริมสกุล พจนการุณ, ไชยยง รุจจนเวท. 2547. ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเนื้อเหง้ากระชายดำกับฤทธิ์ต้านการเกิดอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 32: 270–277.
- อรุณี วงศ์ปิยะสถิต. 2530. เอกสารคำสอนวิชารังสีวิทยา. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abdullah, S., Kamaruddin, N.Y., Harun, A.R. 2018. The effect of gamma radiation on plant morphological characteristics of *Zingiber officinale* Roscoe. Int. J. Adv. Sci. Eng. 8: 2085–2091. doi:10.18517/ijaseit.8.5.4641
- Ashraf, M., Cheema, A.A., Rashid, M. Qamar, Z. 2003. Effect of gamma rays on M₁ generation in Basmati rice. Pak. J. Bot. 35: 791–795.
- Douar-Latreche, S., Benchabane, O., Sahraoui, N., Hazzit, M., Mouhouche, F., Baaliouamer, A. 2018. Effect of gamma irradiation on the chemical composition and antioxidant activity of *Thymus algeriensis* extracts. J. Essent. Oil-Bear. 21: 449–461. doi.org/10.1080/0972060X.2017.1421869
- Lee, J.H., Han, T.H. 2014. Selection of mutants obtained by gamma ray irradiation and analysis of genetic variation using RAPD markers in *Acorus calamus* L. Hortic. Environ. Biotechnol. 55 : 207–212. doi.org/10.1007/s13580-014-0701-6
- Majeed, A., Muhammad, Z., Ullah, R. 2018. Gamma irradiation effect on germination and general growth characteristics of plants. Pak. J. Bot. 50: 2449–2453.
- Mounir, A. M., El-Hefny, A. M., Mahmoud, S. H., El-Tanahy, A. M. M. 2022. Effect of low gamma irradiation doses on growth, productivity and chemical constituents of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers. Bull. Natl. Res. Cent. 46:146. doi.org/10.1186/s42269-022-00838-5
- Murashige, T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473–497. doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
- Pojanagaroon, S., Kaewrak, C. 2003. varietal selection of collected krachai-dam (*kaempferia parviflora* wall.) rhizomes by using the preference of krachai-dam products' distributors and sellers. In: Proceedings of the International Conference on Biodiversity and Bioactive compounds, 17–19 July, Pattaya, Chonburi. pp. 401–407.
- Sutthanut, K., Sripanidkulchai, B., Yenjai, C., Jay, M. 2007. Simultaneous identification and quantitation of 11 flavonoid constituents in *Kaempferia parviflora* by gas chromatography. J. Chromatogr. A. 1113 : 227–233. doi.org/10.1016/j.chroma.2007.01.033

ผลของ *Burkholderia ferrariae* PaS2(1) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรดในสภาพกระถาง

Effect of *Burkholderia ferrariae* PaS2(1) on growth and yield of pineapple in pot experiment

สนธยา ขำดีบ*, กนกอร บุญพา, กิตจเมธ แจ้งศิริกุล, บุญทริก ฉิมชาติ

Sontaya Khantib*, Kanokon Bunpha, Kitjamate Jangsirikul, Boontarik Chimchart

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Soil Science Research Group, Agriculture Production Science Research and Development Division,

Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: skbiot@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ *Burkholderia ferrariae* PaS2(1) ร่วมการลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรดในสภาพกระถาง วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 8 กรรมวิธี ใช้หน่วยการทดลองละ 10 กระถางต่อกรรมวิธี ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ผลการศึกษา พบว่า ทุกกรรมวิธีทดสอบของการแช่และไม่แช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก ร่วมกับการลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่ ไม่ส่งผลกระทบต่อความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างและความยาวใบ (D-leave) ของสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามการแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก สามารถลดอัตราการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชลงร้อยละ 50 ของอัตราแนะนำ คือ ลดลงจากอัตรา 4.20:1.80:3.88 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง เป็น 4.20:0.90:1.94 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของสับปะรดทั้งปริมาณผลผลิต (น้ำหนักผลและขนาดผล) และคุณภาพผลผลิต (ความหวาน ความเข้มข้นน้ำตาล และความชื้น)

คำสำคัญ: จุลินทรีย์ดิน, แบคทีเรียละลายโพแทช, แบคทีเรียละลายฟอสเฟต, ปุ๋ยชีวภาพ

Abstract

This study aimed to study the effect of *Burkholderia ferrariae* PaS2(1) with reduced phosphate and potash on growth and yield of pineapple under pot condition. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD) with eight treatments and three replications. Result showed that with and without soaking pineapple shoots with *B. ferrariae* PaS2(1) before planting combined with a reduction of phosphate and potash fertilizers had no significant impact on height, canopy width, D-leave's width and length of pineapple. However, soaking pineapple shoots with *B. ferrariae* PaS2(1) before planting resulted in 50% reduction of phosphate and potash fertilizers recommended rate from 4.20:1.80:3.88 g N:P₂O₅:K₂O/pot to 4.20:0.90:1.94 g N:P₂O₅:K₂O/pot without affecting pineapple's yield (fruit weight and size) and quality (sweetness, sugar concentration and water content).

Keywords: Biofertilizer, Phosphate solubilizing bacteria, Potash solubilizing bacteria, Soil microorganism

คำนำ

สับปะรด เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตสับปะรดได้ในระดับต้น ๆ ของโลกก็ตาม หากเปรียบเทียบผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในระดับที่ต่ำมาก คือ 3,880 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่คอสตาริกา บราซิล และฟิลิปปินส์ได้ผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก เท่ากับ 9,555 6,289 และ 6,468 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกให้สูงขึ้น การลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพของผลผลิต จะทำให้สับปะรดของไทยมีความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้สูงขึ้น โดยปกติสับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิดที่ระบายน้ำดี ได้แก่ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย และดินปนลูกรัง ดินทรายชายทะเล ค่าพีเอชของดินควรเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5–5.5) (เกตุอร, 2547) ซึ่งดินที่เป็นกรดดังกล่าวจะมีอัตราการตรึงฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืชสูง (Syers et al., 2008) ส่วนโพแทสเซียมจะสูญเสียไปกับการชะละลายหรืออยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (Schiavon et al., 2010) เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีทุกครั้งที่ทำกรเพาะปลูกสับปะรด และเพิ่มปริมาณขึ้นทุกปี ทำให้ต้นทุนในการผลิตสับปะรดสูงขึ้น ดังนั้นการเปลี่ยนธาตุอาหารจากรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์สามารถลดปริมาณการใส่ปุ๋ย และลดต้นทุนในการผลิตสับปะรดได้

ปัจจุบันการใช้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรในรูปแบบของปุ๋ยชีวภาพได้รับความสนใจค่อนข้างมาก เนื่องจากจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงสารต่าง ๆ ในดิน ทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารพืชในดิน นอกจากนี้ยังสามารถผลิตสารที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชด้วย แบคทีเรียที่มีศักยภาพในการละลายฟอสเฟตและโพแทช เช่น *Burkholderia ferrariae*, *Bacillus mucilaginosus*, *Bacillus edaphicus*, *Pseudomonas* sp., *Paenibacillus gluconolyticus*, *Paenibacillus mucilaginosus*, *Enterobacter hormaechei* มีกลไกสำคัญคือการสร้างและปลดปล่อยกรดอินทรีย์ เช่น กลูโคนิก กรดคีโตนกลูโคนิก กรดอะซิติก และกรดซิตริก ซึ่งกรดอินทรีย์ดังกล่าวจะปลดปล่อยโปรตอนที่สามารถแทนที่ฟอสฟอรัสในสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟต เช่น อลูมินัมฟอสเฟต (AlPO_4) เฟอรัสฟอสเฟต (FePO_4) และแคลเซียมฟอสเฟต (Ca_3PO_4) เพื่อสร้างสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างกรดอินทรีย์และเมทัลไอออน ได้แก่ Al^{3+} , Fe^{2+} และ Ca^{2+} ทำให้ปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมา (Sheng and He, 2006; Delvasto et al., 2008) ส่วนการละลายโพแทชนั้นกรดอินทรีย์จะปลดปล่อยโปรตอนสามารถแทนที่โพแทสเซียมที่ไม่ละลายน้ำออกจากแร่ธาตุบางชนิด เช่น ไมกา อิลไลต์ เฟลด์สปาร์ และออร์โทคลาส นอกจากนั้นกรดอินทรีย์ยังช่วยเร่งการผุกร่อนของแร่ธาตุโพแทสเซียม ผ่านการก่อตัวของสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะและสารอินทรีย์ ซึ่งทำให้โครงสร้างอ่อนแอและปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในสารละลายดิน (Ullman et al., 1996) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการใช้ *Burkholderia ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรดในสภาพกระถาง เพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่จะนำไปสู่การต่อยอดการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียม *Burkholderia ferrariae* PaS2(1)

B. ferrariae PaS2(1) เป็นแบคทีเรียที่สามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช (มีค่าดัชนีการละลายฟอสเฟตและค่าดัชนีการละลายโพแทช เท่ากับ 2.8 และ 1.5 ตามลำดับ) คัดแยกจากดินรอบรากสับปะรดจากแปลงสับปะรด ต.สามพระยา อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี (สนธยา และสุปรานี, 2561) การเตรียม *B. ferrariae* PaS2(1) โดยเพาะเลี้ยง *B. ferrariae* PaS2(1) ในอาหาร Nutrient broth ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของอาหารเพาะเลี้ยง 7.0 ความเข้มข้นของกลูโคส 10

กรัมต่อลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกเซลล์ *B. ferrariae* PaS2(1) ออกจากอาหารเพาะเลี้ยง จากนั้นนำเซลล์ *B. ferrariae* PaS2(1) ที่ได้ผสมกับวัสดุพา คือ ผงซีโอไลท์และแป้งมันสำปะหลัง (อัตราส่วน 2:1) ให้ได้ปริมาณ *B. ferrariae* PaS2(1) 10^6 เซลล์ต่อกรัม โดยประมาณ

สมบัติดินที่ใช้ในการทดลอง

ดินที่ใช้ทำการทดลองเป็นดินจากแปลงสับปะรดของเกษตรกรใน ต.สามกระทาย อ.กุยบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ มีเนื้อดิน เป็นดินทรายปนร่วน (Loamy Sand; LS) ค่าพีเอชเท่ากับ 4.85 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 6.4 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 49.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 5.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 56.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากสมบัติดินข้างต้นสามารถกำหนดอัตราการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ได้ดังนี้ ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ 75:34:68 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อไร่ หรือเท่ากับ 4.20:1.80:3.88 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) จำนวน 8 กรรมวิธี ใช้หน่วยการทดลองละ 10 กระถางต่อกรรมวิธี ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ซึ่งมีรายละเอียดของกรรมวิธี ดังนี้

T1 = ไม่แช่หน่อพันธุ์ใน *B. ferrariae* PaS2(1)+ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20:1.80:3.88 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง

T2 = ไม่แช่หน่อพันธุ์ใน *B. ferrariae* PaS2(1)+ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20:1.35:2.91 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง

T3 = ไม่แช่หน่อพันธุ์ใน *B. ferrariae* PaS2(1)+ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20:0.90:1.94 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง

T4 = ไม่แช่หน่อพันธุ์ใน *B. ferrariae* PaS2(1)+ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20:0.45:0.97 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง

T5 = แช่หน่อพันธุ์ใน *B. ferrariae* PaS2(1)+ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20:1.80:3.88 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง

T6 = แช่หน่อพันธุ์ใน *B. ferrariae* PaS2(1)+ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20:1.35:2.91 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง

T7 = แช่หน่อพันธุ์ใน *B. ferrariae* PaS2(1)+ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20:0.90:1.94 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง

T8 = แช่หน่อพันธุ์ใน *B. ferrariae* PaS2(1)+ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20:0.45:0.97 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง

การใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการปลูกสับปะรดในกระถาง

ทำการทดลองในพื้นที่เกษตรกร ต.สามกระทาย อ.กุยบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ (N 12° 20' 52" E 99° 79' 51") ใช้กระถางพลาสติก ขนาด 15 นิ้ว ใช้ดิน 18 กิโลกรัมต่อกระถาง คัดเลือกหน่อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่มีขนาดใกล้เคียงกัน แบ่งหน่อสับปะรดเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งนำไปแช่สารแขวนลอย *B. ferrariae* PaS2(1) (ผง *B. ferrariae* PaS2(1) 1 กิโลกรัม ต่อ น้ำ 9 ลิตร) เป็นเวลา 30 นาที อีกส่วนไม่แช่ จากนั้นปลูกสับปะรดลงในกระถางพร้อมใส่ปุ๋ย 1/4N+1/2P+1/4K รองกันหลุมตามกรรมวิธีทดลอง (วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2562) ครั้งที่ 2 ใส่ 1/4N+1/2P+1/4K ตามกรรมวิธีการทดลอง หลังปลูก 1 เดือน โดยใส่บริเวณกาบใบล่างชิดโคนต้น และครั้งที่ 3 ใส่ 1/2N+1/2K ด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-0-60 หลังปลูก 7 เดือน โดยใส่บริเวณกาบใบล่างชิดโคนต้น ดูแลกำจัดวัชพืช และให้น้ำในฤดูแล้ง เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของสับปะรด ได้แก่ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้าง และความยาวของใบที่ตำแหน่ง D-Leave (เป็นใบที่มีความยาวที่สุด อยู่ในระยะเจริญเติบโตเต็มที่ทางสรีระมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตสูงสุด) เมื่อปลูกสับปะรดอายุได้ 9

เดือน บังคับการออกดอกด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ โดยทำการหยอดในปริมาณ 1 กรัมต่อต้น ในช่วงเวลาเย็น และทำการหยอดแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณเดียวกันซ้ำอีกครั้งหนึ่งหลังจากการหยอดครั้งแรกแล้ว 2 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิต หลังบังคับการออกดอก 5 เดือน เก็บข้อมูลผลผลิตสับปะรด ได้แก่ น้ำหนักผลสด และคุณภาพของสับปะรด ได้แก่ ค่าความหวาน ความเป็นกรด-ด่าง และความฉ่ำ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี One-way ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Duncan's multiple range test โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสับปะรด

ความสูงและความกว้างทรงพุ่มของสับปะรด

จากการวัดความสูงและความกว้างทรงพุ่มหลังปลูก 4 และ 7 เดือน พบว่า ทุกกรรมวิธีทดสอบมีความสูงและความกว้างทรงพุ่มของสับปะรดไม่แตกต่างกัน โดยหลังจากปลูก 4 เดือน มีความสูงและความกว้างทรงพุ่ม อยู่ในพิสัย 35.9–39.0 เซนติเมตร และ 75.2–78.3 เซนติเมตรตามลำดับ และหลังจากปลูก 7 เดือน มีความสูงและความกว้างทรงพุ่ม อยู่ในพิสัย 39.8–41.7 เซนติเมตร และ 109.1–118.0 เซนติเมตรตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on height and canopy width of pineapple plants at 4 and 7 months after planting

	Treatments		Plant height (cm)		Canopy width (cm)	
	<i>B. ferrariae</i> PaS2(1)	Chemical fertilizer (g N:P ₂ O ₅ :K ₂ O/pot)	4 months after planting	7 months after planting	4 months after planting	7 months after planting
T1	-	4.20:1.80:3.88	38.1	40.7	77.3	118.0
T2	-	4.20:1.35:2.91	36.5	40.4	78.3	109.1
T3	-	4.20:0.90:1.94	36.3	40.6	75.2	112.3
T4	-	4.20:0.45:0.97	35.9	39.8	77.2	112.0
T5	+	4.20:1.80:3.88	39.0	40.5	76.2	117.6
T6	+	4.20:1.35:2.91	36.2	39.9	77.9	110.9
T7	+	4.20:0.90:1.94	36.3	39.8	76.1	106.3
T8	+	4.20:0.45:0.97	37.7	41.7	75.3	113.5
F-test			ns	ns	ns	ns
%CV			5.8	3.8	8.5	6.4

ns = not significant

ความกว้างและความยาวของใบ D-Leave

ผลการติดตามความกว้างและความยาวของใบ D-leave เดือนที่ 4 หลังการปลูกสับปะรด พบว่า กรรมวิธีที่ T7 แห่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) และใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 4.20:0.90:1.94 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง มีความกว้างใบ D-leave น้อยสุดเท่ากับ 3.8 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามในเดือนที่ 7 หลังการปลูกสับปะรด ทุกกรรมวิธีทดสอบมีความกว้างใบ D-leave ไม่แตกต่างกัน ส่วนความยาวใบ D-leave ในทุกกรรมวิธีทดสอบมีความยาวใบ D-leave ไม่แตกต่างกัน โดย มีความยาวใบ D-leave หลังจากปลูก 4 เดือน 49.0–51.2 เซนติเมตร และหลังจากปลูก 7 เดือน อยู่ในช่วง 69.8–73.6 เซนติเมตร

Table 2 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on width and length of pineapple D-leaf at 4 and 7 months after planting

	Treatments		D-leaf width (cm)		D-leaf length (cm)	
	<i>B. ferrariae</i> PaS2(1)	Chemical fertilizer (g N:P ₂ O ₅ :K ₂ O/pot)	4 months after planting	7 months after planting	4 months after planting	7 months after planting
T1	-	4.20:1.80:3.88	4.0 ^{ab}	4.4	51.2	73.6
T2	-	4.20:1.35:2.91	4.1 ^a	4.3	50.7	69.8
T3	-	4.20:0.90:1.94	4.0 ^{ab}	4.2	50.3	72.0
T4	-	4.20:0.45:0.97	4.1 ^a	4.2	50.0	71.5
T5	+	4.20:1.80:3.88	3.9 ^{ab}	4.0	51.1	76.1
T6	+	4.20:1.35:2.91	4.0 ^{ab}	4.2	49.0	73.5
T7	+	4.20:0.90:1.94	3.8 ^b	4.1	50.4	70.5
T8	+	4.20:0.45:0.97	3.9 ^{ab}	4.2	50.6	73.3
F-test			*	ns	ns	ns
% CV			4.2	5.0	5.9	5.6

ns = no significant; * = significantly different at 0.05 probability level; means with different superscript lowercase letters within column indicate significant difference according to DMRT.

ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตและคุณภาพของสับปะรด

ผลผลิตของสับปะรด

เก็บเกี่ยวผลผลิตสับปะรดหลังบังคับการออกดอก 160 วัน (7 พฤษภาคม 2563) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิต (Table 3) ผลศึกษาพบว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้แห่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่เป็น 4.20:1.80:3.88 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T1) 4.20:1.35:2.91 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T2) และ 4.20:0.90:1.94 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T3) มีน้ำหนักเฉลี่ยผลรวมจุกและผล

ไม่รวมจุกไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่เป็น 4.20:0.45:0.97 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T4) ให้น้ำหนักเฉลี่ยผลรวมจุกและผลไม่รวมจุกน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่กรรมวิธีที่แช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่จาก 4.20:1.80:3.88 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง ถึง 4.20:0.45:0.97 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T5 T6 T7 และ T8) พบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ยผลรวมจุกไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 4.20:0.45:0.97 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T8) ให้น้ำหนักเฉลี่ยผลไม่รวมจุกน้อยกว่าการแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำหนักจุกไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี

ผลการศึกษานาดของผลสับปะรด พบว่าความยาวผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี ส่วนความกว้างผลในกรรมวิธีที่ไม่ได้แช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่เป็น 4.20:1.80:3.88 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T1) 4.20:1.35:2.91 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T2) และ 4.20:0.90:1.94 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T3) มีความกว้างผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่เป็น 4.20:0.45:0.97 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T4) ให้ผลผลิตที่มีความกว้างผลน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกรรมวิธีที่แช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก เมื่อลดปริมาณปุ๋ยเคมีฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่ที่เป็น 4.20:1.80:3.88 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T5) และ 4.20:1.35:2.91 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T6) พบว่า มีความกว้างผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่เป็น 4.20:0.90:1.94 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T7) และ 4.20:0.45:0.97 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T8) จะให้ผลผลิตที่มีความกว้างผลน้อยกว่าการแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on fruit weight, fruit length and fruit diameter of pineapple

	Treatments		Fruit weight (g/ fruit)			Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)
	<i>B. ferrariae</i> PaS2(1)	Chemical fertilizer (g N:P ₂ O ₅ :K ₂ O/pot)	Fruit and Crown	Fruit	Crown		
T1	-	4.20:1.80:3.88	1368 ^a	1182 ^{ab}	187	14.3	11.9 ^{ab}
T2	-	4.20:1.35:2.91	1159 ^{ab}	1013 ^{ab}	147	13.8	11.5 ^{ab}
T3	-	4.20:0.90:1.94	1095 ^{ab}	969 ^{ab}	127	13.7	11.5 ^{ab}
T4	-	4.20:0.45:0.97	1030 ^b	893 ^b	137	13.3	11.3 ^b
T5	+	4.20:1.80:3.88	1362 ^{ab}	1239 ^a	123	14.3	12.3 ^a
T6	+	4.20:1.35:2.91	1191 ^{ab}	1061 ^{ab}	130	14.0	11.8 ^{ab}
T7	+	4.20:0.90:1.94	1112 ^{ab}	982 ^{ab}	130	12.8	11.1 ^b
T8	+	4.20:0.45:0.97	1041 ^{ab}	901 ^b	140	13.1	11.3 ^b
F-test			*	*	ns	ns	*
%CV			16.7	17.3	38.9	7.1	4.3

ns = no significant; * = significantly different at 0.05 probability level; means with different superscript lowercase letters within column indicate significant difference according to DMRT.

คุณภาพผลผลิตของสับปะรด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของสับปะรดจากทุกกรรมวิธี พบว่า ค่า Brix ที่วัดด้วยรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมด พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ได้แช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่จาก 4.20:1.80:3.88 ถึง 4.20:1.35:2.91 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T1 และ T2) ผลสับปะรดมีความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่ต่ำกว่า 4.20:0.90:1.94 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T3 และ T4) ให้ผลผลิตที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกรรมวิธีที่แช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนปลูก เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่จาก 4.20:1.80:3.88 ถึง 4.20:0.90:1.94 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T5 T6 และ T7) พบว่ามีความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชที่ใส่ เท่ากับ 4.20:0.45:0.97 กรัม N:P₂O₅:K₂O ต่อกระถาง (กรรมวิธี T8) จะให้ผลผลิตที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดน้อยกว่า การแช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) และใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน water content ของผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี

Table 4 Effect of co-application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on quality of pineapple fruit

	Treatments		° Brix	Total sugar (g/L)	Water content (%)
	<i>B. ferrariae</i> PaS2(1)	Chemical fertilizer (g N:P ₂ O ₅ :K ₂ O/pot)			
T1	-	4.20:1.80:3.88	15.61	148.87 ^{ab}	83.80
T2	-	4.20:1.35:2.91	14.98	131.23 ^{abc}	84.94
T3	-	4.20:0.90:1.94	14.57	127.84 ^{bc}	84.73
T4	-	4.20:0.45:0.97	15.01	125.81 ^c	85.04
T5	+	4.20:1.80:3.88	15.84	150.25 ^a	84.28
T6	+	4.20:1.35:2.91	15.98	150.84 ^a	84.87
T7	+	4.20:0.90:1.94	15.51	133.96 ^{abc}	83.99
T8	+	4.20:0.45:0.97	15.26	124.83 ^c	84.32
F-test			ns	*	ns
%CV			5.4	9.4	1.4

ns = no significant; * = significantly different at 0.05 probability level; means with different superscript lowercase letters within column indicate significant difference according to DMRT.

สรุป

การแช่และไม่แช่หน่อพันธุ์สับปะรดในน้ำที่มีการเติม *B. ferrariae* PaS2(1) ก่อนนำไปปลูกร่วมกับการลดปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสับปะรด การแช่ใน *B. ferrariae* PaS2(1) ช่วยลดปริมาณปุ๋ย

ฟอสเฟตและโพแทชที่ได้ร้อยละ 50 ของอัตราปุ๋ยตามคำแนะนำ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของสับปะรดทั้งปริมาณผลผลิต (น้ำหนักผล และขนาดผล) และคุณภาพผลผลิต (ความหวาน ความเข้มข้นน้ำตาล และความฉ่ำ)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ตามทะเบียนวิจัยกรมวิชาการเกษตร 01-190-61-01-01-00-02-62 นอกจากนี้ขอขอบคุณ ผศ. ดร. ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย ที่ประสานงานในการเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ปลูกสับปะรดในจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์ และขอขอบคุณนายเยี่ยม จันทรฉาย ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งพื้นที่การทดลอง และการดูแลต้นสับปะรดตลอดการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- เกตุอร ทองเครือ. 2547. การปลูกสับปะรดระบบเกษตรอินทรีย์. สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี, กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- สนธยา ขำตีบ, สุปรานี มั่นหมาย. 2561. การคัดเลือกแบคทีเรียที่สามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชจากดินและรากสับปะรด. ใน: ผลการปฏิบัติงาน กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ประจำปี 2561 เล่ม 1, กรุงเทพฯ, หน้า 141-151.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- Delvasto, P., Valverde, A., Ballester, A., Muñoz, J.A., González, F., Blázquez, M.L., Igual, J.M., García-Balboa, C. 2008. Diversity and activity of phosphate bioleaching bacteria from a high-phosphorus iron ore. *Hydrometallurgy* 92: 124-129. doi.org/10.1016/j.hydromet.2008.02.007
- Schiavon, M., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vaccoro, S., Francioso, O., Nardi, S. 2010. High molecular size humic substances enhance phytylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.). *J. Chem. Ecol.* 36: 662-669. doi.org/10.1007/s10886-010-9790-6
- Sheng, X.F., He, L.Y. 2006. Solubilization of potassium bearing minerals by a wild type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. *Can. J. Microbiol.* 52: 66-72. doi: 10.1139/w05-117
- Syers, J.K., Johnston, A.E., Curtin, D. 2008. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use: Reconciling changing concepts of soil phosphorus behavior with agronomic information. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy
- Ullaman, W.J., Kirchman, D.L., Welch, W.A., Vandevivere, P. 1996. Laboratory evidence by microbially mediated silicate mineral dissolution in nature. *Chem. Geol.* 132: 11-17. doi.org/10.1016/S0009-2541(96)00036-8
- Valverde, A., Delvasto, P., Peix, A., Velázquez, E., Santa-Regina, I., Ballester, A., Rodríguez-Barrueco, C., García-Balboa, C., Igual, J.M. 2006. *Burkholderia ferrariae* sp. nov., isolated from an iron ore in Brazil. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 56: 2421-2425. doi: 10.1099/ijs.0.64498-0

ผลของความเข้มข้น NAA และความเข้มแสงที่แตกต่างกันต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำกัญชง (พันธุ์ CBD Charlotte's Angel) ภายใต้ระบบปลูกพืชแบบระบบปิด

Effect of different NAA concentrations and light intensity on the germination rooting in shoot cuttings of hemp (CBD Charlotte's Angel) under indoor cultivation system

พัทธ์ธิรา กว่างเรืองอุทัย^{a,*}, ธาณี ศรีวงศ์ชัย^a, สุตเขตต์ นาคะเสถียร^a, นฤพนธ์ น้อยประसार^b, อมรรัตน์ ม้ายอง^b, ภรณ์ภา โพธิ์ศิริ^b

Phattthira Kwangruengruethai^{a,*}, Tanee Sreewongchai^a, Sutkhet Nakasathien^a, Naruephon Noiprasan^b, Amonrat Mayong^b, Pornnipa Phosiri^b

^aภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 10900

^aDepartment of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bAgricultural Research and Technology Transfer Center, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: phattthira566@gmail.com

บทคัดย่อ

กัญชง (*Cannabis sativa* L.subsp. sativa) ปัจจุบันนิยมปลูกในระบบปิด และขยายพันธุ์ด้วยวิธีการปักชำ สำหรับงานวิจัยนี้ศึกษา 1) ผลของความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) ต่อการเกิดรากกิ่งปักชำกัญชง พันธุ์ CBD Charlotte's Angel โดยใช้ความเข้มข้นของ NAA 0, 200, 400, 600, 800 และ 1,000 ppm 2) ศึกษาความเข้มแสงที่เหมาะสมในการกระตุ้นการเกิดรากของกิ่งปักชำ โดยใช้ความเข้มแสง 0, 100, 250 และ 1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ จากการศึกษพบว่า NAA ที่ความเข้มข้น 600 ppm มีจำนวนราก และความยาวรากสูงสุด คือ 53.33 ราก และ 4.62 เซนติเมตรตามลำดับ จึงเหมาะสมต่อการเกิดรากดีที่สุด สำหรับความเข้มแสงพบว่า ที่ 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ มีจำนวนรากสูงสุด คือ 25.00 ราก ความยาวรากพบว่า ความเข้มแสงที่ 1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ มีความยาวรากสูงสุดคือ 17.60 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามเมื่อความเข้มแสงมากขึ้นทำให้กิ่งปักชำมีอาการใบเหลือง และใบไหม้ ดังนั้นความเข้มแสงที่ 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ เหมาะสมต่อการเกิดรากได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: กัญชง, การปักชำ, ความเข้มแสง, CBD Charlotte's Angel, NAA

Abstract

Hemp (*Cannabis sativa* L.subsp. sativa) is currently popularly grown in an indoor system and grown from cuttings For this research, 1) The effect of growth regulator concentration on Effect of 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) on rooting of CBD Charlotte's Angel cuttings using concentrations of NAA 0, 200, 400, 600, 800 and 1,000 ppm the roots of the cuttings. The light intensity was 0, 100, 250 and 1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. It was found that NAA at the concentration of 600 ppm had the number of roots and the maximum root length of 53.33 roots and 4.62 cm., respectively, which was suitable for root formation. The best for the light intensity, it was found that at 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, the maximum of roots was 25.00 roots. The light intensity of 1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ had the maximum root length of 17.60 cm. However, when the light intensity increased, the cuttings had yellowing and burning. Therefore, the light intensity of 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ was suitable for roots are the best.

Keywords: Hemp, Cuttings, CBD Charlotte's Angel, Light Intensity, NAA

คำนำ

กัญชง (Hemp) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cannabis sativa* L.subsp. *sativa* เป็นพืชในตระกูล Cannabaceae เช่นเดียวกับกัญชา (*Cannabis*, *Marijuana*) มีแหล่งกำเนิดในเอเชียกลางและแพร่กระจายไปสู่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และทวีปยุโรป (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2562) มีปริมาณสาร Tetrahydrocannabinol หรือ THC (สารที่มีฤทธิ์ทำให้มึนเมา และเสพติด) ไม่เกิน 1% ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งน้อยกว่ากัญชา แต่มีสาร Cannabidiol หรือ CBD (สารที่มีสรรพคุณทางยา) สูงกว่ากัญชา (ชัยวัช, 2564) กัญชงเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมทางการแพทย์ โดยปัจจุบันรัฐบาลไทยได้แก้ไขกฎหมายเพื่อเปิดโอกาสให้นำกัญชงไปศึกษาวิจัยเพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ และต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพต่าง ๆ ได้ แต่ต้องดำเนินการให้ถูกต้องตามกฎหมาย ส่งผลให้พืชชนิดนี้ได้รับความสนใจในการปลูกมากขึ้น

การขยายพันธุ์กัญชง สามารถขยายพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศโดยการเพาะเมล็ด ข้อดีคือ ต้นพันธุ์ที่ได้มีความแข็งแรง และมีระบบรากแก้วสามารถหยั่งลึกลงไปในดินช่วยยึดลำต้นได้ดี ข้อจำกัด มีการกลายพันธุ์ได้ง่าย ราคาเมล็ดพันธุ์ค่อนข้างแพง และผลผลิตที่ได้ไม่แน่นอน ส่วนการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการปักชำหรือการโคลนนิ่ง ข้อดีคือ จะให้ต้นพันธุ์ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ทุกประการ ต้นพันธุ์ที่ได้มีขนาดสม่ำเสมอ ทำให้เกิดความคงตัวของพันธุกรรมของสายพันธุ์ที่ได้ทำการคัดเลือก ประกอบกับเป็นวิธีการที่สะดวก ไม่ซับซ้อน และได้จำนวนต้นมากในระยะเวลาที่สั้น (กรมวิชาการเกษตร, 2564) จากงานวิจัยของ (Coffman and Gentner, 1979) พบว่า การใช้เมล็ดปลูกได้ต้นที่มีลักษณะแตกต่างกัน ส่วนการปลูกโดยวิธีปักชำได้ลักษณะของต้นแตกต่างกันมากกว่า และมีความสม่ำเสมอมากกว่า และมีสาร Delta tetrahydrocannabinol มากกว่าการปลูกโดยเมล็ด 4.1 เท่า

หนึ่ง และคณะ (2564) รายงานว่าความเข้มข้นของฮอร์โมน เวลาในการแช่ฮอร์โมน และอายุของกิ่งชำมีผลต่อการแตกรากของกิ่งกัญชา การแช่กิ่งชำด้วยฮอร์โมนที่มีความเข้มข้น 100 ppm ของ NAA และ 50 ppm ของ IBA ในอัตราส่วน 1:1 สามารถกระตุ้นการออกรากของกิ่งชำที่เป็นกิ่งอ่อน และแก่ปานกลางได้ดีกว่าการแช่กิ่งชำด้วยฮอร์โมนที่มีความเข้มข้น 200 ppm ของ NAA และ 100 ppm ของ IBA ที่อัตราส่วนเดียวกัน เมื่อแช่กิ่งดังกล่าวนาน 30 วินาที - 1 นาที อย่างไรก็ตาม การแช่กิ่งนาน 5 นาที ได้ผลดีเมื่อใช้กิ่งชำที่แก่และแก่ปานกลาง นอกจากนี้การทดลองยังแสดงให้เห็นว่ากิ่งอ่อนไม่เหมาะที่จะแช่ในฮอร์โมนนานมากกว่า 3 นาที การแช่กิ่งที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 30 วินาที - 1 นาที เนื่องจากการแช่กิ่งที่อ่อนหรืออายุน้อยในฮอร์โมนมีผลต่อเนื้อเยื่อของกิ่งชำที่ได้รับฮอร์โมนมากเกินไป ส่วนกิ่งที่มีอายุมาก (กิ่งแก่ปานกลาง) หรือแก่มากเกินไป (กิ่งแก่) การแช่ที่ 3 นาที น่าจะเกี่ยวข้องกับปริมาณฮอร์โมนที่ได้รับนั้นไม่เพียงพอต่อการไปกระตุ้นให้กิ่งชำนั้นให้ออกราก ในขณะที่การแช่ในฮอร์โมนนาน 5 นาที ซึ่งนานพอที่จะกระตุ้นให้เนื้อเยื่อของพืชหรือกิ่งชำออกรากในกิ่งแก่ปานกลางและแก่

แสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะเป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ด และช่วยเร่งการออกดอกในพืชบางชนิด ผลของแสงต่อการงอกของเมล็ด มีรายงานว่า การให้แสง LED สีแดงอย่างเดียว ให้ระยะเวลาในการงอกของมะละกอสั้นกว่าการให้แสงอื่น ๆ (จำไพ และคณะ, 2559) นอกจากนี้แสง LED สีแดง และสีแดงร่วมกับสีน้ำเงิน อัตราส่วน 6:4 ทำให้ความงอกและการสะสมสารแอนโทไซยานินของต้นแดนดิไลออนสูงกว่แสงชนิดอื่น (Jai et al., 2012) และแสง LED สีน้ำเงิน ยังทำให้ความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และสารต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนของกรีนโอ๊คเพิ่มสูงขึ้น (Masahumi et al., 2010) และยังพบว่าหลอดไฟ LED มีการใช้ไฟน้อย ประหยัดค่าไฟ และให้แสงในช่วงที่พืชต้องการได้มากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Jane and Neil, 2011) จากข้อมูลดังกล่าวมา ชี้ให้เห็นว่าการใช้หลอดไฟ LED ที่ช่วงความยาวคลื่น และความเข้มแสง ที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและสามารถเพิ่มผลผลิตของพืชได้ อย่างไรก็ตาม พืชแต่ละชนิดมีความต้องการความยาว

คลื่น และความเข้มแสงที่ต่างกัน ดังนั้น การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต Auxin ชนิด 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) ที่เหมาะสมต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำกัญชง และเพื่อศึกษาความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการเกิดรากของกิ่งปักชำกัญชงพันธุ์ CBD Charlotte's Angel งานวิจัยนี้ได้ใช้พืชทดลองคือ กัญชงพันธุ์ CBD Charlotte's Angel เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ Dutch Charlotte X Red Angel มี chemotype แบบที่มี CBD มากกว่า THC (CBD dominance) และเป็นพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง มีค่าเฉลี่ย CBD ประมาณ 10–16% ส่วนค่าเฉลี่ย THC มีค่าน้อยกว่า 1% จึงไม่มีฤทธิ์ต่อจิตประสาท ระยะเวลาในการออกดอก 9–12 สัปดาห์ (Dutch Passion, 2022)

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) ต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำกัญชง พันธุ์ CBD Charlotte's Angel

อุปกรณ์

1. พันธุ์กัญชงที่ใช้
 - พันธุ์ CBD Charlotte's Angel
2. อุปกรณ์ในการปักชำ
 - 2.1 สารควบคุมการเจริญเติบโต Auxin ชนิด 1-Naphthaleneacetic acid (NAA)
 - 2.2 ฟองน้ำปลูกพืชเนื้อละเอียด (Sublime)
 - 2.3 ปีกเกอร์ ขนาด 500 ml. และ 1,000 ml.
 - 2.4 ถาดหรือกล่องปักชำพร้อมฝาปิด ขนาด 24 หลุม
 - 2.5 กรรไกรตัดกิ่ง
 - 2.6 มีด
 - 2.7 ป้ายชื่อ (Tag) และดินสอ

วิธีการ

การศึกษาความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิด NAA ต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำกัญชง วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ใช้ความเข้มข้นของ NAA 6 ระดับ (0, 200, 400, 600, 800 และ 1,000 ppm.) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ต้น การปักชำเริ่มจากตัดยอดกัญชงพันธุ์ CBD Charlotte's Angel จากต้นแม่ (mother plants) นำไปแช่น้ำ 15 นาที ตัดปลายใบออกเพื่อลดการคายน้ำ ใช้มีดชุบบริเวณโคนของยอดปักชำให้เกิดแผลเล็กน้อยนำไปจุ่มในสารควบคุมการเจริญเติบโต Auxin ชนิด 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และนำไปปักชำลงในวัสดุปักชำ (sublime) เก็บไว้ในกล่องควบคุมความชื้นที่มีฝาปิด เปิดฝากล่องปักชำทุกวัน วันละ 15 นาที และรดด้วยน้ำปุ๋ยทุกๆ 2 วัน เมื่อครบ 2 สัปดาห์ ดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนราก และความยาวรากในแต่ละความเข้มข้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Statistical Tool for Agricultural Research (STAR) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New multiple Range Test (DMRT)

การทดลองที่ 2 ศึกษาความเข้มแสงที่เหมาะสมในการกระตุ้นการเกิดรากของกิ่งปักชำกัญชง พันธุ์ CBD Charlotte's Angel

อุปกรณ์

1. พันธุ์กัญชงที่ใช้
 - พันธุ์ CBD Charlotte's Angel
2. อุปกรณ์ในการปักชำ
 - 2.1 หลอด LED GROW LIGHT รุ่น SP 150 135W FULL SPECTRUM: 650-665 nm. 3000-3200K, 6000-6500K
 - 2.2 เครื่องวัดแสง PAR-PPFD Spectrometer รุ่น PG200N ยี่ห้อ UPRTEK ®
 - 2.3 ฟองน้ำปลูกพืชเนื้อละเอียด (Sublime)
 - 2.4 บีกเกอร์ ขนาด 500 ml. และ 1,000 ml.
 - 2.5 ถาดหรือกล่องปักชำพร้อมฝาปิด ขนาด 24 หลุม
 - 2.6 กรรไกรตัดกิ่ง
 - 2.7 มีด
 - 2.8 ป้ายชื่อ (Tag) และดินสอ

วิธีการ

การศึกษาค้นคว้าความเข้มแสงที่เหมาะสมในการกระตุ้นการเกิดรากของกิ่งปักชำกัญชง วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) เปรียบเทียบความเข้มแสง 4 ระดับ (0, 100, 250 และ 1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ต้น การปักชำเริ่มจากตัดยอดกัญชงพันธุ์ CBD Charlotte's Angel จากต้นแม่ (mother plants) นำไปแช่น้ำ 15 นาที ตัดปลายใบออกเพื่อลดการคายน้ำ ใช้มีดชุบบริเวณโคนของยอดปักชำให้เกิดแผลเล็กน้อย และนำไปปักชำลงในวัสดุปลูก (sublime) เก็บไว้ในกล่องควบคุมความชื้นที่มีฝาปิด จากนั้นนำกล่องปักชำวางไว้ตรงตำแหน่งความเข้มแสงแต่ละระดับ เปิดฝากล่องปักชำทุกวัน วันละ 15 นาที และรดด้วยน้ำปุ๋ยทุก ๆ 2 วัน เมื่อครบ 2 สัปดาห์ ดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนราก และความยาวรากของแต่ละทรีทเม้นท์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Statistical Tool for Agricultural Research (STAR) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นสาร NAA ต่อการปักชำกัญชงพบว่า มีผลต่อจำนวนราก และความยาวรากแต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและยอด โดยการใช้ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 600 ppm มีจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุดคือ 53.33 ราก ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับความเข้มข้นที่ 800 ppm พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ความยาวรากที่ระดับความเข้มข้น 600 ppm พบว่ามีความยาวรากเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.62 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น ๆ ดังนั้นผลการทดลองพบว่าการใช้ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 600 ppm จึงเหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุด แสดงดัง Fig. 1 และ Table 1



Fig. 1 Effect of different concentrations of NAA on the germination rooting in shoot cuttings of hemp (CBD Charlotte's Angel) after culturing for 2 weeks

Table 1 Comparison of the effect of NAA at 0, 200, 400, 600 800 and 1,000 ppm on rooting of cuttings

Treatments	Number of roots	Root length
0 ppm.	22.00 ^c	3.88
200 ppm.	37.67 ^b	3.92
400 ppm.	41.50 ^b	3.00
600 ppm.	53.33 ^a	4.62
800 ppm.	51.17 ^a	3.45
1,000 ppm.	38.67 ^b	2.16
F-Test	**	ns
C.V. (%)	7.30	35.12

จากการศึกษาผลของความเข้มแสงต่อจำนวนราก และความยาวรากของกิ่งปักชำกัญชง พบว่ามีผลต่อจำนวนราก และความยาวรากแต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและยอด โดยความเข้มแสงที่ $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ มีจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด คือ 25.00 ราก ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเทียบกับความเข้มแสงในระดับอื่น ๆ ขณะที่ความยาวรากที่ความเข้มแสง $1,000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ มีความยาวรากเฉลี่ยสูงสุดคือ 17.60 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อความเข้มแสงมากขึ้นจะทำให้กิ่งปักชำมีอาการใบเหลือง ใบไหม้และสภาพต้นไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้เมื่อความเข้มแสงมากขึ้นก็จะทำให้ต้นทุนด้านพลังงานและกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น เมื่อพิจารณาแล้วความเข้มแสงที่ $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุด แสดงดัง Fig. 2 และ Table 2



Fig. 2 Effect of different LED light intensity on the germination rooting in shoot cuttings of hemp (CBD Charlotte's Angel) after culturing for 2 weeks.

Table 2 Different LED light intensity at 0, 100, 250 and 1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. on rooting of cuttings shoot

Treatment	Number of roots	Root length
0 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	0.00 ^d	0.00 ^d
100 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	25.00 ^a	7.40 ^c
250 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	3.27 ^c	9.80 ^b
1,000 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	7.42 ^b	17.60 ^a
F-Test	**	**
C.V. (%)	16.63	10.22

สรุป

จากการศึกษาพบว่า การใช้ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 600 ppm. มีจำนวนราก และความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด คือ 53.33 ราก และความยาวราก 4.62 เซนติเมตร ตามลำดับ จึงเหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุด สำหรับความเข้มแสงพบว่า ความเข้มแสงที่ $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ มีจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด คือ 25.00 ราก ดังนั้นจึงเหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดรากของกิ่งปักชำกัญชง พันธุ์ CBD Charlotte's Angel ได้ดีที่ที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการการพัฒนาด้านแบบวิธีการปลูกและการสกัดสารสำคัญจากกัญชาเพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ธานี ศรีวงศ์ชัย และรศ.ดร.สุตเชตต์ นาคะเสถียร ที่สนับสนุนและให้คำปรึกษาการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2564. คู่มือสำหรับเกษตรกร การผลิตพืชสกุลกัญชา (*Cannabis sativa* L.) เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ และอุตสาหกรรม. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ชัยวัช ไชวเจริญสุข. 2564. กัญชา: พืชเศรษฐกิจใหม่ โอกาสและความท้าทาย. <https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/hemp-2021>, 16 ตุลาคม 2565.
- หนึ่ง เตียอรุณ, นันทกร บุญเกิด, พรรณลดา ติตตะบุตร. 2564. การผลิต และการใช้ประโยชน์จากกัญชา (Marijuana). ใน: รายงานการวิจัยการผลิต และการใช้ประโยชน์จากกัญชา (Marijuana) Production and Utilization of Marijuana. 71 หน้า
- รำไพ นามพิลา, สุภัทร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา, สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2559. อิทธิพลของไดโอดเปล่งแสง (LEDs) ต่อการงอกและการเจริญของเมล็ดมะละกอ (*Carica papaya* L.). วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3: 13–17.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2562. คู่มือพนักงานเจ้าหน้าที่ในการกำกับดูแลซึ่งยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 เฉพาะเฮมพ์. โรงพิมพ์สำนักพุทธศาสนาแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- Coffman, C.B., Gentner, W.A. 1979. Greenhouse propagation of *Cannabis Sativa* L. by vegetative cuttings. Econ. Bot. 33: 124–127. doi.org/10.1007/BF02858280
- Dutch Passion Seed Company. 2022. CBD Charlotte's Angel. <https://dutch-passion.com/en/cannabis-seeds/cbd-charlottes-angel?sqr=CBD%20Cha>, 16 October 2022.
- Jane, B., Neil, A. 2011. Plant growth as a function of LED light. Nat. Photonics. 3: 835.
- Masahumi, J., Kazuhiro, S., Fumiyuki, G., Shin-nosuke, H., Toshihiro, Y. 2010. Blue Light-emitting Diode Light Irradiation of Seedlings Improves Seedling Quality and Growth after Transplanting in Red Leaf Lettuce. Hortscience 45: 1809–1814. doi.org/10.21273/HORTSCI.45.12.1809
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S., Yoshihara, T. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. HortScience 45: 1809–1814. doi.org/10.21273/HORTSCI.45.12.1809

อิทธิพลของขนาดกิ่งที่ใช้ในการเสียบยอดต่ออัตราการรอดชีวิตในการขยายพันธุ์ของพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.)

Influence of the scion sizes for cleft grafting on survival rate of plant propagation in Kratom (*Mitragyna speciosa* (Korth.) avil.)

ณัฐวุฒิ นุศิริหาญ^a, กรรณิการ์ สัจจาพันธ์^b, ธาณี ศรีวงศ์ชัย^a, วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร^{a,*}

Nuttawut Nusirihan^a, Kannika Sajjaphan^b, Tane Sreewongchai^a, Weerachai Matthayathaworn^{a,*}

^aภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aDepartment of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrwhm@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การขยายพันธุ์พืชกระท่อมด้วยวิธีการเสียบยอดโดยใช้กิ่งยอดกระท่อมพันธุ์ดี สามารถลดความแปรปรวนที่เกิดจากการใช้เมล็ดในการขยายพันธุ์ การเสียบกิ่งกระท่อมบนต้นตอกระท่อมนั้นยังเป็นการใช้ประโยชน์พืชที่มีคุณสมบัติระบบรากที่แข็งแรง ช่วยให้พืชเจริญเติบโตดี ขนาดกิ่งกระท่อมอาจส่งผลต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโต ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบอัตราการรอดชีวิตของต้นกล้าพืชกระท่อมด้วยเทคนิคการเสียบยอด โดยใช้ขนาดกิ่งพืชกระท่อม (สายพันธุ์ก้านแดง) ที่ต่างกันเสียบบนต้นตอกระท่อม ผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การเสียบยอดสำเร็จได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์จากการใช้กิ่งพืชกระท่อมจำนวนข้อ 4 ข้อ โดยมีการรอดชีวิตสูงสุด 87.5% รองลงมาคือจำนวนข้อ 3 2 และ 1 ข้อ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นที่รอดชีวิตพบว่ามีอัตราการสร้างใบใหม่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นการใช้ขนาดกิ่งที่สมบูรณ์จะมีผลต่อการความสำเร็จในการเสียบยอดแต่ไม่มีผลต่ออัตราการสร้างใบใหม่ของพืชกระท่อม

คำสำคัญ: การขยายพันธุ์พืช, กระท่อม, กระท่อม, การเสียบยอด

Abstract

Propagation of Kratom by grafting method generally uses good Kratom scion to reduce variability caused by seed propagation. Because of a good and strong root system, Grafting Kratom scion on Krathum rootstocks was usually used for vegetative propagation. It will help Kratom grow well. However, the size of the Kratom scion might affect survival and growth. Therefore, the purpose of this experiment was to evaluate the survival rate of Kratom seedlings by grafting technique. The different sizes of Kratom scions (red vein) were used and grafted on Krathum rootstocks. The results showed the success of grafting for obtaining complete seedlings by using 4 nodes of Kratom scion with the highest survival of 87.5%, followed by 3, 2, and 1 nodes, respectively. However, considering only the survival seedlings, the rate of new leaf formation was not significant. Therefore, using perfect scion size would influence grafting success but not the rate of new leaf formation of Kratom.

Keywords: Grafting, Krathum, Kratom, Plant propagation

คำนำ

พืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) เป็นไม้ยืนต้นพบได้ในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สูงประมาณ 12-15 เมตร (สาคิตรี และอาภา, 2548) ใช้ประโยชน์ในการบริโภคใบสด และแปรรูปเพื่อบริโภค ได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศไทย เพราะช่วยกระตุ้นในการทำงานของร่างกาย ใช้เป็นยารักษาโรคได้และช่วยเพิ่มความแข็งแรงแก่ร่างกาย (ธนัช, 2560) กระท่อมมีสารสำคัญในใบที่เป็นสาร Alkaloid ทั้งสองชนิดคือ Mitragynine และ 7-hydroxymitragynine กระท่อมไทยได้รับความนิยมมาก เนื่องจากออกฤทธิ์แรงช่วยอาการปวดได้ดี สัดส่วนของปริมาณสาร alkaloid ทั้งสองชนิดในใบกระท่อมจะเป็นส่วนสำคัญในการนำไปใช้ประโยชน์ดังนั้นควรมีการวิเคราะห์แต่สายพันธุ์ว่ามีสาร alkaloids ทั้งสองเป็นสัดส่วนเท่าใด สายพันธุ์ที่มีสาร Mitragynine สูงจะเป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์และจะมีความต้องการของตลาด ในตำราไทยใบกระท่อมมีสรรพคุณในการรักษาอาการปวดท้อง แก้ท้องบิด แก้ท้องเสีย และระงับอาการปวดเมื่อยตามร่างกาย เป็นต้น โดยการเคี้ยวใบสด หรือต้มน้ำดื่มเป็นชา เพื่อให้สามารถทำงานกลางแจ้งได้ เนื่องจากสารสำคัญในใบกระท่อมหลัก Mitragynine ออกฤทธิ์โดยการจับกับตัวรับโอปิออยด์ ส่งผลให้บรรเทาความเจ็บปวด รวมถึงฤทธิ์อื่น ๆ ที่คล้ายโอปิออยด์ เช่น ทำให้รู้สึกเคลิ้ม ภายหลัง 30 นาทีจากการรับประทาน (วุฒิชัยชู, 2563) พืชกระท่อมสร้างสารหลายกลุ่ม ได้แก่ alkaloids, flavonoids, triterpenes, phenolic compounds เป็นต้น โดยสารกลุ่ม indole alkaloids จะพบมากในพืชกระท่อมและสารสำคัญหลักคือ Mitragynine ปริมาณที่พบในใบกระท่อมของประเทศไทยสูงถึง 66% โดยน้ำหนักเมื่อเทียบกับปริมาณสารสกัด alkaloids ทั้งหมด ส่วนสาร 7-hydroxymitragynine มีปริมาณไม่มาก แต่มีฤทธิ์แก้ปวดมากกว่า Mitragynine และมอร์ฟีน (สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, ม.ป.ป.) อย่างไรก็ตามปริมาณ Mitragynine จากแต่ละแหล่งการผลิตมีค่าต่างกันเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ (นราพงศ์, 2554) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Takayama (2004) ที่รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของ *M. speciosa* ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

พืชกระท่อมสามารถขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) เป็นการสืบพันธุ์โดยใช้เมล็ด (seed) จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพัฒนาต้นแม่พันธุ์ให้เป็นพวกพันธุ์แท้ (homozygous plant) เพื่อให้ได้ลูกที่ไม่มีภาวะกระจายตัวตามทฤษฎีสายพันธุ์แท้ (pure-line theory) หรือถ้าต้นแม่พันธุ์เป็นพวกพันธุ์ทาง (heterozygous plant) จะต้องใช้วิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) เช่น การปักชำ (cutting) การตอกกิ่ง (grafting) หรือ การตอน (layering) เป็นต้น เพื่อให้ได้ต้นใหม่ที่เหมือนกับต้นแม่พันธุ์ โดยวิธีการเสียบยอดเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมวิธีหนึ่ง ต้นตอที่ใช้เป็นต้นต่างชนิดพันธุ์ ต้นตอควรมีระบบรากที่แข็งแรง ทนทานต่อโรค แมลง มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นสูง ทนต่อสภาวะแวดล้อม การตอกกิ่งมี 5 วิธี ได้แก่ 1) การตอกกิ่งแบบเสียบลิ้ม (cleft grafting) ใช้ตอกกิ่งไม้เนื้ออ่อนและยอดอ่อนของไม้เนื้อแข็ง มักใช้กับพืชที่มีการผลัดใบ ใช้มีดผ่าลงไปตรงกลางกิ่งต้นตอ ยาว 2-3 นิ้ว เชือนกิ่งพันธุ์ดีเป็นรูปลิ้ม เสียบกิ่งพันธุ์ดีลงไปในแผลของต้นตอ พันด้วยพลาสติกให้แน่น 2) การตอกกิ่งแบบเสียบข้าง (side grafting) เป็นวิธีการตอกกิ่งไม้ประดับที่อยู่ในกระถาง เชือนต้นตอเฉียงเป็นมุม 20-30 องศา เชือนกิ่งที่จะเสียบข้างใดข้างหนึ่ง เสียบกิ่งลงในแผลต้นตอที่เตรียมไว้ 3) การตอกกิ่งแบบเสียบเปลือก (bark grafting) นิยมใช้ในการต่อยอดของไม้ผลเกือบทุกชนิด กรีดเปลือกต้นตอออกทั้ง 2 ข้าง ยาว 1-2 นิ้ว เชือนกิ่งพันธุ์ดีเป็นปากฉลาม บากโคนแผลของรอยเชือนให้เป็นปาก เสียบเข้ากับต้นตอให้ปากนั้นบนหัวต้นตอพอดี 4) การตอกกิ่งแบบฝานบวบ (spliced grafting) ขนาดของกิ่งควรใกล้เคียงกับต้นตอ เชือนกิ่งพันธุ์ดีและต้นตอ ให้เฉียงเป็นแนวยาว 1-1.5 นิ้ว ประคบแผลทั้งสองให้พอดีกัน 5) การตอกกิ่งแบบเข้าลิ้น (whip of Tongue grafting) วิธีนี้ใช้กิ่งขนาดเล็ก และกิ่งต้องเท่ากัน เชือนต้นตอเฉียงขึ้น ให้เป็นปากฉลาม ยาว 1-2 นิ้ว ผ่าต้นตอลงไปเนื้อไม้ จากตำแหน่งหนึ่งในสามจากปลายแผล ผ่ากิ่งพันธุ์ดีไม่เข้าไปในเนื้อไม้จากตำแหน่งหนึ่งในสามจากปลายแผล สวมกิ่งพันธุ์ดีเข้าไปในลิ้นของต้นตอให้ขัดกันและปลายกิ่งต้องเสมอกัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) วิธีเสียบยอดทำให้ออก

ดอกและติดผลได้เร็วกว่าวิธีการเพาะเมล็ด และยังคงสภาพทางพันธุกรรมของกิ่งพันธุ์ดีไว้ จากรายงานที่เกี่ยวข้องกับการต่อกิ่ง Khah (2011) ได้รายงานว่า การเสียบยอดกับต้นตอที่เหมาะสมจะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบราก เช่น การคูดน้ำ และอาหาร รวมถึงส่งผลในการเพิ่มผลผลิตให้ดีขึ้น ปกรณ์ศิริ (2559) ได้สรุปว่าระบบ Mukibat ซึ่งเป็นระบบที่เพิ่มผลผลิตในมันสำปะหลังโดยการต่อกิ่งมันสำปะหลังป่า (*Manihot glaziovii*) กับต้นตอที่เป็นมันสำปะหลังปลูก (*Manihot esculenta*) มีการตอบสนองของน้ำหนักหัวสดกับ พันธุ์ KU50 ปรากฏมาส และคณะ (2565) ศึกษาอิทธิพลของการกระทบแล้งและวิธีการขยายพันธุ์ต่อลักษณะการเจริญเติบโตของกาแฟโรบัสต้า พบว่าการขยายพันธุ์ด้วยการเสียบยอดกาแฟบนต้นตอที่ทนแล้ง สามารถช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้นและยังช่วยให้พืชมีความสามารถทนแล้งเพิ่มขึ้น นุบผาและคณะ (2554) พบว่าการเสียบยอดแบบลิ้ม (Cleft grafting) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการขยายพันธุ์สับดูดำ แต่ในพืชกระท่อมนั้นยังไม่มีรายงานทางวิชาการเกี่ยวกับขนาดของยอดที่เหมาะสม ในกรณีที่เกษตรกรขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้ จำนวนมาก มักใช้กิ่งพันธุ์ขนาดเล็ก อาจทำให้ส่งผลต่อการรอดชีวิตของพืชกระท่อม และเพิ่มต้นทุนการผลิตต้นกล้าพืชกระท่อม ซึ่งจากการขยายพันธุ์โดยวิธีการเสียบยอดเป็นวิธีที่ต้องใช้กิ่งยอดพันธุ์ดีจากต้นแม่พันธุ์ที่เจริญสมบูรณ์แล้ว

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบอัตราการรอดชีวิตของต้นกล้าพืชกระท่อมที่ขนาดยอดต่างกัน ด้วยเทคนิคการเสียบยอดและการสร้างใบใหม่หลังการรอดชีวิตของต้นกล้าพืชกระท่อมที่เสียบบนต้นตอกระท่อม

อุปกรณ์และวิธีการ

งานทดลองนี้ใช้วิธีการเสียบยอดแบบเสียบลิ้ม (cleft grafting) โดยใช้ต้นกระท่อมเป็นต้นตอ (rootstock) เลือกต้นตอที่อุดมสมบูรณ์ และขนาดใกล้เคียงกัน ตัดยอดกิ่งพันธุ์ดี (สายพันธุ์ก้านแดง) ให้มีจำนวนข้อตั้งแต่ 1 ข้อ ถึง 4 ข้อ ผ่ากลางต้นตอที่เลือกไว้ ประมาณ 1 นิ้ว เจือนกิ่งพันธุ์ดีเป็นรูปลิ้มตัววี ยาวประมาณ 1 นิ้ว เสียบยอดกิ่งพันธุ์ดี ลงไปบริเวณรอยแผลที่ต้นตอ ให้รอยแผลกิ่งพันธุ์ดีติดฝังใต้วงหนึ่งของต้นตอ กลุ่มต้นที่เสียบด้วยถุงพลาสติก มัดเชือกที่ปลายปากถุงพลาสติก (ประมาณ 4 สัปดาห์) จากนั้นอนุบาลที่โรงเรือนปลูกพืชทดลอง ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินการทดลองในเดือนตุลาคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Random Design, CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 8 ต้น 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่จำนวนข้อของกิ่งกระท่อม 1 2 3 และ 4 ข้อ (Fig. 1) ศึกษาจำนวนข้อกิ่งพันธุ์ดีที่แตกต่างกันต่ออัตราการรอดชีวิตภายหลังการเสียบยอดแบบเสียบลิ้มจำนวน 30 วัน และบันทึกจำนวนใบสมบูรณ์ที่สร้างใหม่ ภายหลังจากการเสียบยอดเป็นที่ 3 5 และ 7 สัปดาห์ภายหลังจากต้นกล้าที่รอดชีวิต

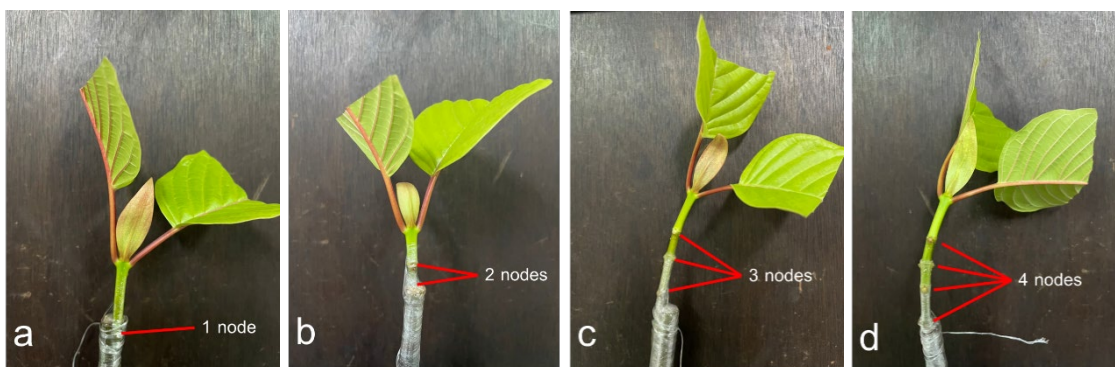


Fig.1 The difference in number of nodes for Kratom grafting; a is 1 node, b is 2 nodes, c is 3 nodes and d is 4 nodes.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเสียบยอดโดยใช้กิ่งยอดกระถอมที่มีขนาดแตกต่างกัน ตั้งแต่ 1–4 ข้อ เสียบบนต้นตอกระถอม ภายหลังจากเสียบยอดเป็นเวลา 30 วัน พบว่าต้นกล้ามีอัตราการรอดชีวิตที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยต้นกล้าที่ใช้ข้อที่มีจำนวนมากที่สุดคือ 4 ข้อนั้นมีอัตราการรอดชีวิตสูงสุดอยู่ที่ 87.5 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) รองลงมาคือ 3 2 และ 1 ข้อ มีอัตราการรอดชีวิต 75.0 75.0 และ 65.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการรอดชีวิตขึ้นกับขนาดของกิ่งยอดกระถอม ซึ่งกิ่งยอดที่มีจำนวนข้อมากจะมีอัตราการรอดชีวิตมากกว่ากิ่งยอดที่มีจำนวนน้อย อย่างไรก็ตามกิ่งยอดที่มีขนาดเล็กที่สุดคือจำนวน 1 ข้อนั้นยังสามารถที่จะใช้เป็นส่วนกิ่งยอด (scion) แต่มีอัตราการรอดชีวิตที่ต่ำกว่ากิ่งยอดที่ขนาดใหญ่กว่า

Table 1 Survival rate of Kratom after grafting for 30 days

No. node	No. plant	No. Survival plant	Survival rate (%)
1	8	5	62.5c
2	8	6	75.0b
3	8	6	75.0b
4	8	7	87.5a
Mean	8	6	75.0
F-test			*

* Significant at 0.05 probability level.

Within a column for each character, values followed by the same letters are not significantly according to LSD ($P < 0.05$)

เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นที่รอดชีวิตแล้วนำไปอนุบาลต่อในโรงเรือนปลูกพืช แล้วนับจำนวนใบที่สร้างขึ้นใหม่จำนวน 3 ครั้ง ที่ 3 5 และ 7 สัปดาห์ พบว่าต้นกล้ากระถอมมีการสร้างใบใหม่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้ง 3 ครั้งที่บ้านทึบ ข้อมูล (Table 2) โดยที่ 3 สัปดาห์มีการสร้างใบใหม่เฉลี่ย 1.91 ใบ ที่ 5 สัปดาห์มีการสร้างใบใหม่ 2.41 ใบ และที่ 7 สัปดาห์มีการสร้างใบใหม่ 3.47 ใบ เมื่อพิจารณาในช่วงแรก (3 และ 5 สัปดาห์) ของการเสียบยอดนั้นพบว่าการใช้ขนาดกิ่งยอดที่มีขนาดเล็ก จะมีการสร้างใบใหม่น้อยกว่าซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากอาการ delayed incompatibility ที่อาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมภายหลังจากการเสียบยอด (Gainza et al., 2015) แต่ช่วงหลัง (7 สัปดาห์) ของที่เสียบยอดนั้นพบว่าใบใหม่ที่เกิดขึ้นมีจำนวนใกล้เคียงกัน (Fig. 2) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าขนาดของกิ่งยอดกระถอมที่นำมาใช้ในการเสียบยอดนั้นไม่มีผลต่อการสร้างใบใหม่หรือการเจริญเติบโตของต้นกล้ากระถอม ดังนั้นวิธีการเสียบยอดกระถอมบนต้นตอกระถอมสามารถใช้ขนาดของกิ่งยอดได้ทุกขนาดแต่อัตราการรอดชีวิตขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของกิ่งยอด ยิ่งกิ่งยอดมีความสมบูรณ์มากก็จะมีโอกาสรอดชีวิตได้มาก ในส่วนการเจริญเติบโตนั้นขนาดกิ่งยอดไม่มีผล กิ่งยอดที่มีขนาดเล็กก็สามารถเจริญเติบโตได้ทันกับกิ่งยอดที่มีขนาดใหญ่กว่า

Table 2 Number of new leaves from survival seedling after grafting

No. node	3 weeks	5 weeks	7 weeks
1	1.88±1.36	1.88±1.73	3.38±3.07
2	1.75±1.67	2.25±1.67	3.25±2.60
3	2.00±1.51	2.75±1.51	3.75±2.92
4	2.00±1.51	2.75±1.49	3.50±2.07
mean	1.91	2.41	3.47
F-test	ns	ns	ns

^{ns} denotes non-significant



Fig. 2 New leaf formation of surviving seedling after grafting

สรุป

การเสียบยอด (grafting) ของพืชกระท่อมที่มีขนาดกิ่งยอดแตกต่างกัน นำไปเสียบบนต้นตอกระท่อม มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของต้นกล้า กิ่งยอดที่มีขนาด 4 ข้อ มีการรอดชีวิตสูงสุด 87.5% การสร้างใบใหม่ภายหลังการเสียบยอดในต้นที่รอดชีวิตมีอัตราการสร้างใบใหม่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้ขนาดกิ่งที่สมบูรณ์และขนาดใหญ่จะมีผลต่อการความสำเร็จในการเสียบยอดแต่ไม่มีผลต่ออัตราการสร้างใบใหม่ของพืชกระท่อม

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2562. การขยายพันธุ์พืช. <https://esc.doae.go.th/การขยายพันธุ์พืช-2/>, 22 ธันวาคม 2565.

นราพงศ์ บุรมา. 2554. การหาปริมาณไมโทราไจเนนในใบกระท่อมจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธัญ นาคะพันธ์. 2560. กระท่อม: ความหมาย การต่อรอง และการใช้ของหมอบ้านภาคใต้ตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล

- บุบผา คงสมัย, อรรถพล วัฒนปาน, กฤษณา กฤษณพุกต์. 2554. ผลของการเสียบยอดต่อการเจริญเติบโตและการติดผลของสับด้า. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 8 (สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. หน้า 1293–1297
- ปกรณ์ศิริ บั้งทอง, ปิยะ กิตติภาดากุล, ภัศรี คงสีล. 2016. การต่อกิ่งมันสำปะหลังป่า (*Manihot glaziovii*) กับมันสำปะหลังปลูก (*Manihot esculenta*) เพื่อเพิ่มผลผลิตภาพมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประกายมาศ รุ่งประพันธ์, คัทลียา ฉัตรเที่ยง, จิราพร เชื้อกุล, พรชัย ไพบูลย์. 2021. อิทธิพลของการกระทบแล้งและวิธีการขยายพันธุ์ต่อลักษณะการเจริญเติบโตของกาแฟโรบัสต้า. วารสารแก่นเกษตร 50: 794–809.
- วุฒิเชษ รุ่งเรือง. 2563. พิษวิทยาของพืชกระท่อม. วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาล 30: 118–124.
- สาวิตรี อัครนางค์กรชัย, อาภา ศิริวงศ์ ณ อยุธยา. พืชกระท่อมในสังคมไทย. สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, กระทรวงยุติธรรม. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด. ความรู้ทั่วไปและงานวิจัยพืชกระท่อม. <https://kratom.sci.psu.ac.th/knowledge/interdisciplinary/3176/>, 12 พฤศจิกายน 2565.
- Gainza, F., Opazo, I., Muñoz, C. 2015. Graft incompatibility in plants: Metabolic changes during formation and establishment of the rootstock/scion union with emphasis on *Prunus* species. *Chilean J. Agric. Res.* 75: 28–34. doi.org/10.4067/S0718-58392015000300004
- Khah, E.M. 2011. Effect of grafting on growth, performance and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.) in greenhouse and open-field. *Int. J. Plant Prod.* 5: 359–366. doi: 10.22069/IJPP.2012.746
- Takayama, H. 2004. Chemistry and pharmacology of analgesic indole alkaloids from the rubiaceae plant, *Mitragyna speciosa*. *Chem. Inform.* 35: 1522–2667. doi.org/10.1248/cpb.52.916

การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการให้ผลผลิตของถั่วเขียวผิวมัน 5 พันธุ์

Diurnal CO₂ exchange and yield of five mung bean cultivars

ปิยนุช รัตนาวิระกุล¹, นุชนาฏ ตันวรรณ¹, สมฤทัย ตันเจริญ¹, วนิดา โนบรرتها¹, แวเวตา พลกุล¹, ชัยชนพร เกื้อหนู¹, วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว², สายน้ำ อุดพัว^{1*}

Pinyaluk Ratanavirakul¹, Nutchanart Tanwan¹, Somrutai Tancharoen¹, Wanida Nobuntou¹, Waewta Polkul¹, Chattanaporn Kernoon¹, Wilairat Pankaw², Sainam Udpuay^{1*}

¹กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

²ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท กรมวิชาการเกษตร ชัยนาท 17150

¹Agricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

²Chai Nat Field Crops Research Center, Department of Agriculture, Chai Nat 17150, Thailand

*Corresponding author. Email address: sainam.udpuay@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต การสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันและผลผลิตของพันธุ์ถั่วเขียวผิวมัน วางแผนการทดลอง Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ทำการปลูกถั่วเขียวภายใต้สภาวะแสงธรรมชาติ จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์มอ.1 พันธุ์กำแพงแสน 2 พันธุ์ชัยนาท 36 พันธุ์ชัยนาท 72 และพันธุ์ชัยนาท 3 ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม 2565 โดยมีการเก็บข้อมูลเจริญเติบโต อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวัน และผลผลิต พบว่า ถั่วเขียวทั้ง 5 พันธุ์ให้ความสูงต้น พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต้นและราก และผลผลิตไม่ต่างกัน ยกเว้นจำนวนเมล็ดต่อฝัก และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ โดยถั่วเขียวผิวมันพันธุ์มอ. 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และการติดเมล็ดสูงที่สุด สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบถั่วเขียวผิวมันในรอบวันสูงสุดในช่วงเวลา 9.00–15.00 น. ยกเว้นถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ใบถั่วเขียวมีอัตราการตอบสนองต่อแสงเร็วกว่าพันธุ์อื่น ที่เวลา 08.00 น. หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของถั่วเขียวทุกพันธุ์เริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง

คำหลัก: การสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ C3, ค่าน้ำไหลปากใบ, พื้นที่ใบ

Abstract

The purpose of this research was to investigate the growth, diurnal photosynthetic rates and yield of mung bean cultivars. This experiment was designed as a completely randomized design (CRD) with 3 replicates. From May to July 2022, mung bean was grown under natural light conditions, consisting of five mung beans cultivars: PSU 1, Kamphaeng Saen 2, Chainat 36, Chainat 72 and Chainat 3. Growth data, diurnal photosynthetic rates and yields were recorded. The results showed no difference in plant height, leaf area, shoot and root dry weight and yield for the 5 mung bean varieties, except for the number of seeds per pod and chlorophyll A content. PSU 1 mung bean variety had the highest chlorophyll A content and seed per pod. Net photosynthetic rates of leaves in diurnal rapidly increased, except Chainat 3 mung bean cultivar had higher light response rate than other cultivars at 8:00 a.m. and reached the maximum 9:00–15:00 o'clock, and then began to gradually decline.

Keywords: C3 Photosynthesis, Leaf area, Stomatal conductance

คำนำ

ถั่วเขียว (*Vigna radiata* L. Wilczek) เป็นพืชตระกูลถั่วที่สำคัญ อายุสั้น ใช้น้ำน้อย ปี พ.ศ. 2564/2565 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 743,180 ไร่ มีผลผลิต 108,474 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 146 กิโลกรัมต่อไร่ โดยจังหวัดที่มีการปลูกถั่วเขียวมาก ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ สุโขทัย เพชรบูรณ์ ชัยนาท และอุทัยธานี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) มีความต้องการใช้ถั่วเขียวค่อนข้างสูง นำเข้าถึง 50,185.91 ตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่า 1,301.12 ล้านบาท ในขณะที่ส่งออก 33,190.48 ตัน มูลค่า 1,176.35 ล้านบาท ทั้งนี้ผลผลิตนำมาใช้เพื่อการบริโภคและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น วุ้นเส้น ถั่วงอก แป้งถั่วเขียว ถั่วซีก และขนมต่าง ๆ รวมถึงการใช้ประโยชน์ในการบำรุงดิน ถั่วเขียวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ ถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำ มีฤดูปลูกแตกต่างกัน ถั่วเขียวผิวมันปลูกได้ในฤดูฝนและฤดูแล้ง แต่ถั่วเขียวผิวดำปลูกปีละ 1 ครั้งในปลายฤดูฝน (กรมวิชาการเกษตร, 2553) เกษตรกรนิยมปลูกถั่วเขียวผิวมันหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวนาปีโดยอาศัยความชื้นในดินช่วยในการงอกของเมล็ด (สมชาย, 2554) ซึ่งลักษณะของถั่วเขียวผิวมันแต่ละพันธุ์จะมีความแตกต่างกัน เช่น พันธุ์มอ. 1 เมล็ดสีเขียวมัน ผักยาวสม่ำเสมอ ต้านทานต่อโรคใบจุด พันธุ์กำแพงแสน 2 ตาเมล็ดสีขาว ต้านทานสูงต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลและโรคราแป้ง แต่อ่อนแอต่อดินด่าง พันธุ์ชัยนาท 36 เมล็ดมีขนาดใหญ่ ทนทานต่อดินด่าง ซ่อฝักอยู่เหนือทรงพุ่มทำให้เก็บเกี่ยวง่าย ต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลปานกลาง แต่ไม่ต้านทานโรคราแป้ง พันธุ์ชัยนาท 72 ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาลและหนอนแมลงวันเจาะลำต้น สามารถปลูกในดินด่างได้ และพันธุ์ชัยนาท 3 การสุกแก่ของฝักสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน เมล็ดขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับการเพาะถั่วงอกและวุ้นเส้น (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2563)

โลกในปัจจุบันมีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในอากาศเพิ่มขึ้น อันเป็นตัวการสำคัญในการก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น พืชสามารถลดปริมาณของก๊าซ CO₂ ในอากาศได้โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นกระบวนการที่พลังงานแสงเปลี่ยนก๊าซ CO₂ และน้ำให้เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตโดยเกิดขึ้นที่คลอโรพลาสต์ที่มีคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุ (ลิลลี่ และคณะ, 2560) คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่ดูดกลืนพลังงานแสงแดดมาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง คลอโรฟิลล์เอและบีจึงมีความสำคัญ ถั่วเขียวจัดเป็นพืช C3 มีการตรึง CO₂ 1 ครั้ง (Reardon and Qaderi, 2017) เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ชนิดแรกที่เสถียรเกิดขึ้นในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงมีคาร์บอน 3 อะตอม ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเข้มแสง อุณหภูมิ ความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ และก๊าซออกซิเจน น้ำ ธาตุอาหาร ไบโอสายพันธุ์ (ลิลลี่ และคณะ, 2560) ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการสังเคราะห์แสงบางพืชแล้ว เช่น ส้มเขียวหวาน (สุนทร และคณะ, 2544) ปาล์มน้ำมัน (มนต์สรวง และคณะ, 2553) สับปะรดสี (ธีรโชติ และคณะ, 2556) พริกหัวเรือ (สุดใจ และคณะ, 2562) มันสำปะหลัง (วัลย์พร และคณะ, 2562) และอ้อย (วิษณีย์ และคณะ, 2562) แต่การศึกษาการการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบถั่วเขียวผิวมันที่ปลูกในประเทศไทยยังไม่ปรากฏข้อมูล พบแต่การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงรอบวันของใบถั่วเขียวในเขตอบอุ่น (Yang et al., 2004) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาว่าใบถั่วเขียวในเขตร้อนว่ามีศักยภาพการสังเคราะห์แสงได้มากน้อยเพียงไร วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษารูปแบบการสังเคราะห์แสงในรอบวันของพันธุ์ถั่วเขียวผิวมัน และเป็นการสร้างฐานข้อมูลการสังเคราะห์แสง เพื่อเป็นแนวทางเพิ่มผลผลิตและส่งเสริมการดูดซับ CO₂ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

แบบแผนการทดลอง

ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบพันธุ์ถั่วเขียวผิวมัน ปลูกต้นถั่วเขียวในถุงเพาะชำขนาด 6×12 นิ้ว ใช้ดินผสม ประมาณ 3 กก./ถุง ถุงละ 2 ต้น ปลูกช่วงต้นฤดูฝนระหว่างวันที่ 12 พฤษภาคม–18 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 ตั้งถุงเพาะชำกลางแจ้งภายใต้สภาวะแสงธรรมชาติในฤดูฝน โดยจัดวางถุงเพาะชำให้มีระยะห่างระหว่างถุง 30 เซนติเมตร ให้น้ำทุกวัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 2 ต้น ประกอบด้วยถั่วเขียวผิวมัน 5 กรรมวิธี (พันธุ์) ได้แก่ (1) พันธุ์มอ. 1 (2) พันธุ์กำแพงแสน 2 (3) พันธุ์ชัชวาล 36 (4) พันธุ์ชัชวาล 72 และ (5) พันธุ์ชัชวาล 3 ณ กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 9-3-3 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ โดยอ้างอิงจากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชตระกูลถั่ว (กรมวิชาการเกษตร, 2553)

บันทึกข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งราก ปริมาณคลอโรฟิลล์โดยเก็บตัวอย่างใบขนาด 1 ตารางเซนติเมตร นำไปหั่นฝอยและแช่ในสารละลาย DMF นาน 24 ชั่วโมง เพื่อสกัดคลอโรฟิลล์ นำสารละลายที่สกัดได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 664 และ 647 นาโนเมตร คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Moran, 1982) การสังเคราะห์แสงในใบถั่วเขียวที่ระยะออกดอก วัดการสังเคราะห์แสงด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงระบบเปิด (Licor 6400 XT Portable Photosynthesis System, Lincoln, NE) และใช้หัววัดแสงธรรมชาติ ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 40-60% อุณหภูมิระหว่าง 31-43 °C อัตราของอากาศที่ไหลผ่านใบ เท่ากับ $350 \mu\text{mols}^{-1}$ และบันทึกค่าเมื่อสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนรวมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 วัดใบถั่วเขียวที่ขยายเต็มที่แล้ว ใบที่ 3-4 จำนวน 1 ใบต่อต้น (บันทึกข้อมูล 5 ค่าต่อใบ) ทุกชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 07.00–18.00 น. ปรับสภาพอากาศภายในกล่องบรรจุใบ คำนวณค่าเฉลี่ยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (net photosynthetic rate) คำนวณค่าไหลปากใบ (stomatal conductance) ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular CO_2 concentration) และอัตราการคายน้ำ (transpiration rate) ข้อมูลผลผลิตของถั่วเขียว ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และปริมาณผลผลิต วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ และผลผลิต

การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของถั่วเขียวทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า ความสูงต้น พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีความสูงต้น พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและราก อยู่ระหว่าง 34.00–38.67 เซนติเมตร 62.21–73.48 ตารางเซนติเมตร 6.29–8.38 กรัม/ต้น และ 1.04–1.61 กรัม/ต้น ตามลำดับ (Table 1) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเขียวทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ มอ.1 และพันธุ์ชัชวาล 72 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉลี่ย 4.09 และ 3.91 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากพันธุ์ชัชวาล 36 รองลงมาเป็นพันธุ์ชัชวาล 3 และพันธุ์กำแพงแสน 2 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอต่ำที่สุด ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์บีและปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) อย่างไรก็ตามปริมาณคลอโรฟิลล์มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ปริมาณ

คลอโรฟิลล์ที่มีค่าสูงจะส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือการดูดซับก๊าซ CO₂ สูงตามไปด้วย (พาสินี และพูนพิภพ, 2553) สำหรับการติดเมล็ดของถั่วเขียว พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 มีการติดเมล็ดที่สูงที่สุด เฉลี่ย 12.33 เมล็ด/ฝัก รองลงมาเป็นพันธุ์มอ.1 พันธุ์ชัยนาท 72 และพันธุ์ชัยนาท 3 เฉลี่ย 11.67 11.33 และ 10.67 เมล็ด/ฝัก ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ชัยนาท 36 มีจำนวนเมล็ด/ฝักน้อยที่สุด ในขณะที่จำนวนฝักและผลผลิตของถั่วเขียวผิวมันทุกพันธุ์ไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 5.67–8.83 ฝัก/ต้น และผลผลิตเฉลี่ย 3.70–5.37 กรัม/ต้น ตามลำดับ (Table 3) ทั้งนี้ปริมาณแสงที่ถั่วเขียวได้รับในแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีผลต่อการสร้างน้ำหนักแห้ง และผลผลิต

Table 1 Plant height, leaf area, shoot dry weight and root dry weight of mung bean cultivars

Cultivar	Plant Height (cm)	Leaf area (cm ²)	Shoot dry weight (g plant ⁻¹)	Root dry weight (g plant ⁻¹)
PSU 1	36.00±3.06	63.52±3.12	8.38±0.52	1.61±0.50
Kamphaeng Saen 2	34.33±1.76	62.21±0.84	6.29±0.61	1.15±0.27
Chainat 36	37.67±1.45	69.96±2.88	6.50±1.76	1.28±0.34
Chainat 72	38.67±2.96	73.48±4.08	7.83±1.36	1.04±0.22
Chainat 3	34.00±1.15	64.84±1.44	6.71±0.15	1.40±0.23
Average	36.13	66.80	7.14	1.30
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.6	7.10	25.7	44.1

Means ± SE within a column followed by the same letter are not significantly different based on Tukey's honest significant difference test at $p \leq 0.05$ and ns indicate not significant, respectively.

Table 2 Chlorophyll content of youngest fully expanded leaves of mung bean cultivars

Cultivar	Chlorophyll a ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Chlorophyll b ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Total chlorophyll ($\mu\text{g cm}^{-2}$)
PSU 1	4.09±0.46 ^a	1.18±0.33	5.28±0.78
Kamphaeng Saen 2	2.31±0.26 ^b	0.91±0.07	3.22±0.33
Chainat 36	3.59±0.34 ^{ab}	1.40±0.22	4.99±0.51
Chainat 72	3.91±0.21 ^a	1.30±0.08	5.21±0.30
Chainat 3	2.34±0.35 ^b	1.71±0.70	4.05±0.36
Average	3.25	1.30	4.55
F-test	**	ns	ns
CV (%)	17.8	48.1	18.7

Means ± SE within a column followed by the same letter are not significantly different based on Tukey's honest significant difference test at $p \leq 0.05$, ** and ns indicate $p \leq 0.01$, and not significant, respectively.

การเปลี่ยนแปลงของการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวัน

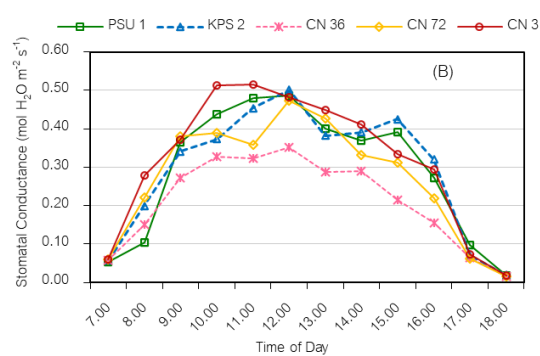
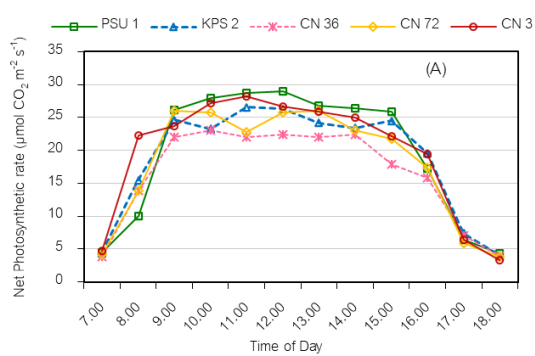
อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (P_n) ของใบถั่วเขียวทั้ง 5 พันธุ์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกัน คือ ในช่วงเช้าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด โดยใบถั่วเขียวพันธุ์ มอ. 1 มี P_n สูงสุดที่ $28.92 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ที่เวลา 12.00 น. ส่วนใบถั่วเขียวพันธุ์ชัชยานา 3 และพันธุ์กำแพงแสน 2 มี P_n สูงสุด ที่เวลา 11.00 น. พันธุ์ชัชยานา 72 มี P_n สูงสุด ที่เวลา 9.00 น. ในขณะที่พันธุ์ชัชยานา 36 เวลา 10.00 น. มี P_n สูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นในทุกช่วงเวลา ใบถั่วเขียวพันธุ์ชัชยานา 36 มีค่า P_n มีต่ำสุด จึงอาจทำให้ถั่วเขียวพันธุ์ชัชยานา 36 มีการติดเมล็ดต่ำที่สุด (Table 2) นับว่าถั่วเขียวผิวมันทุกพันธุ์มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สูง เฉลี่ย $25.39 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นไม้ทั่วไป เช่น ฝ้ายมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดอยู่ที่ $20 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Kasemsap, 2008) อย่างไรก็ตามหลังจากเวลา 13.00 น. ค่า P_n ของใบถั่วเขียวทุกพันธุ์มีค่าลดลงและต่ำสุดในเวลา 18.00 น. เนื่องจากความเข้มแสงต่ำ ($44 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) สอดคล้องกับการศึกษาของบุญชนะ และคณะ (2554) พบว่า ค่า P_n ของส้มโอบุคต่ำที่สุดในช่วงเวลา 17.00-18.00 น. ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันของถั่วเขียวผิวมันในช่วงเวลา 9.00 ถึง 15.00 น. ใบถั่วเขียวมีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ดีกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวแสงมีความเข้มแสงสูง ($1,245-1,704 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ยกเว้นถั่วเขียวพันธุ์ชัชยานา 3 มีการตอบสนองต่อแสงอย่างรวดเร็ว ที่เวลา 8.00 น. (Fig. 1A) สำหรับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างระหว่างเซลล์ (C_i) ของใบถั่วเขียวผิวมันทุกพันธุ์มีค่าสูงในตอนเช้าตรู่ ถั่วเขียวพันธุ์ชัชยานา 36 ที่เวลา 7:00 น. มีค่า C_i สูงที่สุด เฉลี่ย $287 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ รองลงมาเป็นพันธุ์กำแพงแสน 2 พันธุ์ชัชยานา 72 พันธุ์ มอ. 1 และพันธุ์ชัชยานา 3 แสดงให้เห็นว่า ถั่วเขียวพันธุ์ชัชยานา 36 มีความสามารถในการตรึงก๊าซ CO_2 สูงสุด จึงมีปริมาณก๊าซ CO_2 ในช่องว่างในใบสูง แต่ค่า C_i ค่อย ๆ ลดลงจากเวลา 7.00-9.00 น. และมีค่าคงที่จนถึงเวลา 15.00 น. จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเวลา 16.00-17.00 น. ในพันธุ์ มอ. 1 พันธุ์กำแพงแสน 2 และพันธุ์ชัชยานา 3 อย่างไรก็ตามค่า C_i ทุกสายพันธุ์มีค่าต่ำที่สุดในเวลา 18.00 น. เพราะค่าน้ำไหลปากใบมีระดับลดลง พืชปิดปากใบแคบลง (Fig. 1C) ค่าการนำไหลของปากใบ (g_s) บ่งบอกถึงความสามารถในการเปิดปากใบของพืช และเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมการสังเคราะห์ด้วยแสง หากค่าที่ g_s สูง แสดงว่า ปากใบเปิดได้กว้าง ก๊าซ CO_2 ในบรรยากาศสามารถแพร่เข้าสู่ปากพืชได้มาก ส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นได้มาก (สุนทรีย์ และคณะ, 2544) จาก Fig. 1B พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ชัชยานา 3 มีค่า g_s สูงที่สุด ที่เวลา 11.00 น. เฉลี่ย $0.52 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ รองลงมาเป็นพันธุ์ มอ. 1 พันธุ์กำแพงแสน 2 พันธุ์ชัชยานา 36 และพันธุ์ชัชยานา 72 ที่เวลา 12.00 น. เฉลี่ย 0.49 0.50 0.47 และ $0.35 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ ถั่วเขียวผิวมันทุกสายพันธุ์ ยกเว้นพันธุ์ชัชยานา 36 ปากใบเปิดได้กว้างและนาน ทั้งนี้ช่วงเวลากลางวัน 13.00 น. ที่อุณหภูมิสูงถึง 40°C พืชจะค่อย ๆ ปิดปากใบ โดยการปิดปากใบแคบลงเป็นกลไกลดการสูญเสียน้ำจากใบ (พรชัย และสุนทรีย์, 2563) หากใบพืชมีค่า g_s สูง พืชมีการไหลเข้าออกของน้ำและก๊าซ CO_2 มาก ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ปริมาณการคายน้ำ และการเปิดปากใบที่มากขึ้น

Table 3 Number of pods per plant, seeds per pods and yield of mung bean cultivars

Cultivar	Pods/plant	Seeds/pod	Yield/plant (g)
PSU 1	5.67±0.17	11.67±0.33 ^a	4.23±0.23
Kamphaeng Saen 2	6.33±0.67	12.33±0.33 ^a	3.70±0.83
Chainat 36	8.17±1.36	9.00±0.58 ^b	5.37±0.63
Chainat 72	8.83±1.17	11.33±0.33 ^a	5.33±0.60
Chainat 3	7.73±0.44	10.67±0.67 ^{ab}	4.40±0.31
Average	7.27	11.00	4.61
F-test	ns	**	ns
CV (%)	21.0	7.42	21.3

Means ± SE within a column followed by the same letter are not significantly different based on Tukey's honest significant difference test at $p \leq 0.05$, ** and ns indicate $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

อัตราการคายน้ำ (E) แสดงถึงความสัมพันธ์กับการเปิดปากใบ พืชที่มีค่า E มาก เกิดจากปากใบเปิดได้มาก จึงคายน้ำได้มาก ซึ่งค่า E เกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำของพืช โดยการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวเป็นก๊าซ มีบทบาทสำคัญต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซของพืช เป็นการช่วยให้พืชระบายความร้อนภายในเซลล์ (สุดใจ และคณะ, 2562) เมื่อพิจารณาอัตราการคายน้ำพบว่า ถั่วเขียวผิวมันทุกพันธุ์ มีอัตราการคายน้ำเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ E เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 7.00 น. จนมีค่าสูงที่สุดเวลา 12.00 น. ถั่วเขียวพันธุ์ชยันนาท 3 มี E สูงที่สุดถึง $12.88 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ รองลงมาคือ พันธุ์ชยันนาท 72 พันธุ์กำแพงแสน 2 พันธุ์มอ.1 และพันธุ์ชยันนาท 36 และมีค่าต่ำที่สุดเวลา 18.00 น. ในทุกสายพันธุ์ ($0.58\text{--}0.73 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) สอดคล้องกับวิษณีย์ และคณะ (2562) รายงานว่า อัตราการคายน้ำของถั่วเขียวมีค่าลดลงถึงจุดต่ำสุดที่เวลา 18.00 น. (Fig.1 (D)) สรุปได้ว่า การสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันของถั่วเขียวผิวมันทั้ง 5 พันธุ์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกัน ในช่วงเช้าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 9:00–12:00 น. เนื่องจากปากใบเปิดกว้างที่สุด มีปริมาณก๊าซ CO_2 และสอดคล้องกับความเข้มแสงที่พืชได้รับเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นค่าน้ำไหลปากใบเริ่มลดลง เนื่องจากอากาศมีความแห้งรุนแรงขึ้น มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในรอบวัน มีอิทธิพลต่อการเปิดปิดปากใบของถั่วเขียว ชักน้ำให้ปากใบปิดแคบลง เพื่อลดการคายน้ำและการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (สุนทรี และคณะ, 2544) ผลการศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันที่ได้เป็นข้อมูลประจำพันธุ์ที่แสดงลักษณะการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบถั่วเขียวผิวมันในรอบวัน ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการปรับปรุงเลือกสายพันธุ์ถั่วเขียวปลูกได้



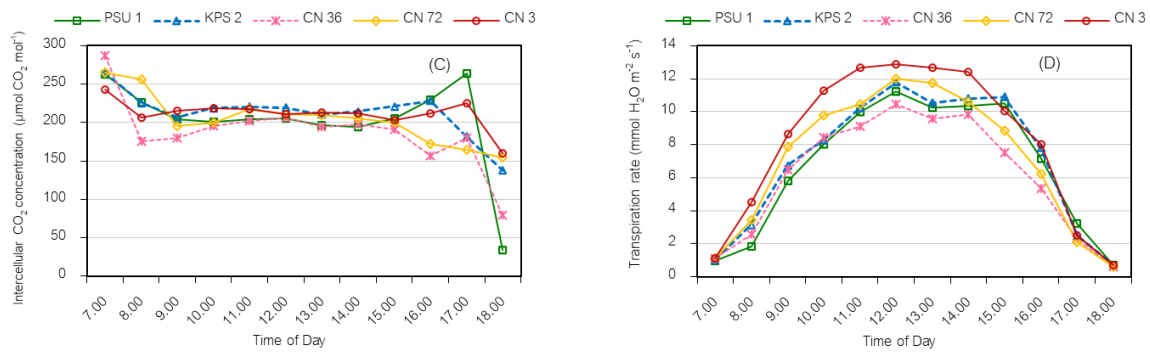


Fig. 1 Changes in net photosynthesis rate (A); stomatal conductance (B); Inter-cellular CO₂ concentration (C) and transpiration rate (D) of five mung bean cultivars

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อฝักและผลผลิตของถั่วเขียวผิวมันต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบถั่วเขียวผิวมันทั้ง 5 พันธุ์ในช่วงเวลา 9.00–15.00 น. พบว่า การติดเมล็ดและผลผลิตมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ในรูปแบบสมการเส้นตรง R^2 เท่ากับ 0.5119 และ 0.3768 ตามลำดับ (Fig. 2) แต่จากรูป พบว่า การติดเมล็ดมีแนวโน้มสัมพันธ์ทางบวกกับการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่ผลผลิตตรงข้าม ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้อาจขัดแย้งกับ Nasar et al. (2021) เมื่อเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวโพดกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่ามีความสัมพันธ์ในทางบวก (R^2 เท่ากับ 0.8836–0.9510) ส่วนนี้อาจเนื่องจากพืชที่ใช้ในการทดลองต่างกันชนิดกัน

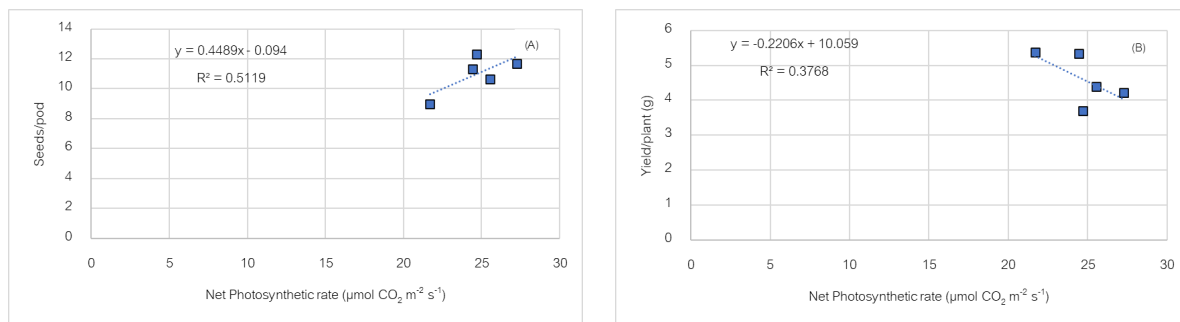


Fig. 2 Relationship between seeds per pod (A), grain yield (B) and net photosynthesis rate of five mung bean cultivars

สรุป

ถั่วเขียวทั้ง 5 พันธุ์มีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตไม่ต่างกัน ยกเว้นจำนวนเมล็ดต่อฝัก และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ โดยถั่วเขียวผิวมันพันธุ์มอ. 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และการติดเมล็ดสูงที่สุด เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน ใบถั่วเขียวผิวมันมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดในช่วงเวลา 9.00–15.00 น. เฉลี่ยระหว่าง 22.42–26.01 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ยกเว้นถั่วเขียวพันธุ์ชัชยานา 3 ใบถั่วเขียวมีอัตราการตอบสนองต่อแสงเร็วกว่าพันธุ์อื่นที่เวลา 08.00 น. ทั้งนี้เวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่มีแสงแดดเพียงพอ ปากใบเปิดได้มาก จึงมีการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากที่สุด ใบถั่วเขียวทั้ง 5 พันธุ์มีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงที่คล้ายกัน อย่างไรก็ตามอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในสภาพธรรมชาติที่แหล่งผลผลิตหลักของถั่วเขียวผิวมันต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ธีรโชติ ฮีสวัสดิ์, พัชรียา บุญกอกแก้ว, ณัฏฐ์ พิษกรรม, ประศาสตร์ เกี่ยมณี. 2556. การศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์การค้าบางพันธุ์. ใน: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาพืช. กรุงเทพฯ, หน้า 505-511.
- บุญชนะ วงศ์ชนะ, มนต์รี อิศรโกศล, สมศักดิ์ มณีพงษ์. 2554. การเจริญเติบโตและการสังเคราะห์แสงของใบส้มโอฟันธุ์ขาวทองดี (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.). วารสารวิชาการเกษตร 29: 119-130.
- พาสินี สุนากร, พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2553. สมรรถนะการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของผนังไม้เลื้อย. JARS 7: 173-187.
- พรชัย ไพบูลย์, สุนทรียิ่งชัชวาล. 2563. การตอบสนองต่อแสงของใบมันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 60 ภายใต้ความเข้มข้น O_2 ระดับปกติและระดับต่ำ ร่วมกับความเข้มข้น CO_2 3 ระดับ. วารสารวิชาการเกษตร 38: 267-276.
- มนต์สรวง เรืองขนาบ, กฤษดา สังข์สิงห์, สุจินต์ แม้นเหมือน, ระวี เจียรวิภา. 2553. การตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) ต่อสภาวะน้ำท่วมขัง. วารสารวิชาการเกษตร 28: 43-57.
- ลิลลี่ กาวีตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์, สุรียา ตันติวิวัฒน์, ณรงค์ วงศ์กันทรากกร. 2560. สรีรวิทยาของพืช, พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- วลัยพร ศะศิประภา, วิษณีย์ ออมทรัพย์สิน, รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์, กุสุมา รอดแผ้วพาล. 2562. การตอบสนองทางสรีรวิทยาบางประการของมันสำปะหลังต่อสภาพแห้งแล้ง. วารสารวิชาการเกษตร 37: 93-104.
- วิษณีย์ ออมทรัพย์สิน, รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์, วลัยพร ศะศิประภา, อานนท์ มลิพันธ์, ปิยะรัตน์ จังพล. 2562. ประสิทธิภาพการใช้น้ำและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพันธุ์อ้อยดีเด่นภายใต้สภาพการปลูกโดยอาศัยน้ำฝน. วารสารแก่นเกษตร 47: 663-670.
- สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2563. เอกสารวิชาการ พันธุ์พืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน 2563. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สมชาย บุญประดับ. 2554. การปลูกพืชไร่หลังนา. วารสารวิชาการข้าว 5: 90-95.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. สารสนเทศเศรษฐกิจรายสินค้า ปี 2564. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 402. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สุดใจ ล้อเจริญ, ปรียานุช จุลกะ, ยิ่งยง ไพบูลย์สานติวัฒนา. 2562. ผลของกรดซัลฟิวริกต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและผลผลิตของพริกหัวเรือที่ปลูกในโรงเรือน. วารสารวิชาการเกษตร 37: 286-297.
- สุนทรียิ่งชัชวาลย์, ศัทธยา ฉัตรเที่ยง, ธาดา ชัยสีหา, จิตรกัญญา ชูมาก, สุทิน หิรัญอ่อน, ภูริพงษ์ ดำรงวุฒิ. 2544. อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิและคายน้ำในรอบวันของใบส้มเขียวหวาน ใน: รายงานโครงการพัฒนาวิชาการ ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยาของส้มเขียวหวาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์. นครปฐม, หน้า 62-81.

- Kasemsap, P. 2008. การสังเคราะห์ด้วยแสง [Photosynthesis]. In: *Biology 2. The Promotion of Academic Olympiad and Development of Science Education Foundation*. Dan Sutha Publishing. Bangkok, Thailand.
- Nasar, J., Khan, W., Khan, M.Z. 2021. Photosynthetic activities and photosynthetic nitrogen use efficiency of maize crop under different planting patterns and nitrogen fertilization. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 21: 2274–2284. doi.org/10.1007/s42729-021-00520-1.
- Moran, R. 1982. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N, N-dimethylformamide. *Plant Physiol.* 69: 1376–1381. doi: 10.1104/pp.69.6.1376
- Reardon, M.E., Qaderi, M.M. 2017. Individual and interactive effects of temperature, carbon dioxide and abscisic acid on mung bean (*Vigna radiata*) plants. *J. Plant Interact.* 12: 295–303. doi.org/10.1080/17429145.2017.1353654
- Yang, J.D., Zhao, H. L., Zhang, T.H. 2004. Diurnal patterns of net photosynthetic rate, stomatal conductance, and chlorophyll fluorescence in leaves of field-grown mungbean (*Phaseolus radiatus*) and millet (*Setaria italica*), *N.Z.J. Crop Hortic. Sci.* 32: 273–279. doi.org/10.1080/01140671.2004.9514306.

การจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย สำหรับการผลิตมันสำปะหลังอินทรีย์

Soil, water and fertilizer management for organic cassava production

ฐิติพร มะชิโกวา*, ดวงกมล เดชดอน, นิรุจน์ คำจุมพล, สุธชล วุ่นประเสริฐ

Thitiporn Machikowa*, Duangkamon Dechdorn, Nirut Khamchumphol, Sodchol Wonprasaid

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

School of Crop Production Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of

Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: machiko@sut.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย สำหรับมันสำปะหลังอินทรีย์ โดยปลูกมันสำปะหลังพันธุ์พิจิตร 2 และพิจิตร 4 ในดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนทราย ภายใต้ระบบน้ำหยด มีที่รื้อฟื้นการจัดการดินและธาตุอาหารพืช ได้แก่ T1: ไม่ใส่ปุ๋ย T2: ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และ T3: ปลูกถั่วเขียวก่อนปลูกมันสำปะหลัง ผลการทดลองพบว่ามันสำปะหลังมีความต้องการน้ำรวม 1,020 มม. แต่มีปริมาณการให้น้ำจริง 461 และ 328 มม. ในดินร่วนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย ตามลำดับ สำหรับการจัดการดินที่แตกต่างกันไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์แตกต่างกัน แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มทำให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าการจัดการดินแบบอื่นในดินร่วนทราย สำหรับดินร่วนเหนียวปนทรายมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์มีการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ยังส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นลดลง และความพรุนของดินสูงขึ้นด้วย

คำสำคัญ: การจัดการธาตุอาหารพืช, ชลประทานแบบน้ำหยด, มันสำปะหลังพันธุ์รับประทาน

Abstract

The objective of this research was to develop soil, water, and fertilizer management technology for organic cassava production. Two cassava cultivars (Phirun 2 and Phirun 4) were grown in sandy clay loam and sandy loam soils under drip irrigation. Treatments of soil and fertilizer management were T1: no fertilizer, T2: organic fertilizer, and T3: green manure (mung bean). The results showed that total cassava water requirement was 1,020 mm, but the actual amount of water supply was 461 and 328 844.6 mm in sandy loam and sandy clay loam soils, respectively. There were no significant differences in growth and yield of cassava cultivars among soil and fertilizer management treatments. However, organic fertilizer application tended to increase cassava growth and yield compared with other treatments in sandy loam soil. In sandy clay loam soil, organic fertilizer application produced the highest growth, yield, and root starch content. In addition, organic fertilizer application also resulted in lower bulk density and higher porosity of the soil.

Keywords: Plant nutrient management, Drip irrigation, *Manihot esculenta*, Sweet cassava

คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญของโลก ปัจจุบันความต้องการตลาดสินค้าอินทรีย์ในประเทศไทยมีเพิ่มขึ้น มันสำปะหลังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทั้งอาหารและพลังงานซึ่งตลาดมีความต้องการสูงในและต่างประเทศ ทั้งนี้ ปี 2560–2563 ประเทศไทยมีการเติบโตของตลาดผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังแป้งมันออร์แกนิกเฉลี่ยสูงถึง 71% ต่อปี โดยผลิตภัณฑ์แป้งมันออร์แกนิกมีอัตรากำไรขั้นต้น 24–37% ขณะที่แป้งมันมีอัตรากำไรขั้นต้นที่ 11–13% (สำนักข่าวอีไฟแนนซ์ไทย, 2565) การขยายพื้นที่การผลิตมันสำปะหลังอินทรีย์ในประเทศไทยเพื่อป้อนตลาดแป้งมันออร์แกนิก จึงเป็นโอกาสของเกษตรกรชาวไร่มันสำปะหลังในการสร้างรายได้ให้เพิ่มสูงขึ้น การผลิตมันสำปะหลังอินทรีย์ให้ได้ตามมาตรฐานจะได้ราคาสูงกว่าการผลิตมันสำปะหลังทั่วไปที่มีราคาเฉลี่ยตันละ 2,500–3,250 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) นอกจากนี้การผลิตแป้งพลาสมาคุณภาพสูงจากมันสำปะหลังเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อทดแทนแป้งสาลีซึ่งเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศคิดเป็นมูลค่าปีละมากกว่าพันล้านบาท (สำนักการค้าสินค้า, 2563) โดยทั่วไประบบการผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทยมักมีการใช้ปุ๋ยเคมีหลังจากปลูก 1–2 เดือน และมีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชในช่วงอายุตั้งแต่หลังจากปลูกจนถึงอายุ 3 เดือน โดยใช้สารเคมีคุมวัชพืชร่องนอก และสารเคมีฆ่าวัชพืชหลังออก (กรมวิชาการเกษตร, 2563) นอกจากนี้ปัญหาในการผลิตมันสำปะหลัง คือ 1) ดินแน่นทึบ (soil compaction) สูง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ การเจริญเติบโตของรากและหัว และเกิดโรคหัวเน่าในฤดูฝน 2) ดินสูญเสียธาตุอาหารโดยการถูกชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำฝนและการนำซากพืชออกจากพื้นที่ และ 3) โครงสร้างดินเสื่อมจึงควรมีการปรับปรุงโครงสร้างของดินโดยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน เช่น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์และการปลูกพืชปุ๋ยสดแล้วไถกลบ การนำระบบการปลูกพืชแซมในพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชหลัก เป็นต้น (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์, 2564) จากรายงานการวิจัยของ ไพฑูรย์ (2557) ได้รายงานว่าการปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์จะส่งผลให้พืชสามารถเติบโตได้ดีและมีคุณภาพ ซึ่งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีวิธีการเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน เพื่อให้ได้มันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง และในการปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ในระบบน้ำหยดพบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อหัวและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการปลูกระบบใช้สารเคมี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leo and Vernon (2015) ที่พบว่าผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและจำนวนหัวต่อต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มอัตราการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์เพิ่มขึ้น ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลังเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาดจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ให้เหมาะสม ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีความต้องการพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการดิน และน้ำ และธาตุอาหารพืช สำหรับการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังชนิดหวานหรือพันธุ์รับประทาน เพื่อยกระดับผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น และนำไปสู่การยกระดับรายได้เกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในดิน 2 ชนิด ได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ดินร่วนทราย (Sandy loam) โดยในพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและแปลงเกษตรกรที่ร่วมโครงการ ซึ่งแปลงทดสอบทั้งสองสถานที่อยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (ดินเนื้อหยาบ) โดยก่อนการทดลองทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Physical and chemical properties of experimental soils

Soil type	EC (dS/m)	pH (1:1)	OM (%)	Avai. P (ppm)	Exc. K (ppm)	Exc. Ca (ppm)	Exc. Mg (ppm)	AWHC (mm/cm)
Sandy clay loam	0.036	6.22	0.65	12.27	75.8	1,709.8	188.9	1.45
Sandy loam	0.011	5.02	0.61	10.40	72.1	260.0	59.9	0.95

เนื่องจากดินทั้งสองแปลงตั้งอยู่ต่างพื้นที่ และจากผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินระดับต่ำ จึงมีการปรับปรุงดินโดยใช้วัสดุปรับปรุงดินด้วยเปลือกมันสำปะหลังป่นดิน และทั้งสองแปลงมีอินทรีย์วัตถุต่ำจึงมีการให้ปุ๋ยอินทรีย์ (สำหรับทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์) โดยปุ๋ยอินทรีย์ของการทดลองนี้เป็นปุ๋ยมูลไก่ ไส้ในช่วงที่มีการพรวนดินในอัตรา 1,000 กก./ไร่ สำหรับทรีตเมนต์ที่มีการปลูกพืชบำรุงดินก่อนการปลูกมันสำปะหลัง (หวานถั่วเขียวด้วยอัตราเมล็ด 4 กก./ไร่ เมื่อถั่วเขียวงอกและเจริญเติบโตจนถึงระยะออกดอกหรือประมาณ 45 วันหลังหวานเมล็ด (เป็นระยะที่มีรายงานว่ามีการให้น้ำหนักแห้งและปริมาณ N สูง จึงทำการไถกลบเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสด) เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ หลังจากใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดิน และปลูกถั่วเขียวแล้วจึงไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลัง หลังจากเตรียมดินแล้ว ช่วงเดือนมกราคม 2565 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 2 และพิรุณ 4 ในแปลงทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก โดยมีทรีตเมนต์การจัดการดิน-ธาตุอาหารพืช ในดินร่วนทรายและดินร่วนเหนียวปนทรายเหมือนกัน เนื่องจากดินทั้งสองแปลงมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทรีตเมนต์ ได้แก่ T1: ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ T2: ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยมูลไก่) อัตรา 1,000 กก./ไร่ และ T3: ปลูกพืชบำรุงดินก่อนปลูก (หวานถั่วเขียวอัตรา 4 กก./ไร่)

การให้น้ำใช้ท่อน้ำหยดโดยมีระยะห่างระหว่างท่อน้ำ 30 ซม. อัตราการไหล 2 ลิตร/ชม. ให้น้ำทันทีหลังปลูก ปริมาณการให้น้ำและความถี่ของการให้น้ำใช้หลักการ water balance โดยการให้น้ำแต่ละครั้งจะคำนวณให้จนถึงความชื้นจุลนาม (Field Capacity, FC) ของดินและยอมให้พืชใช้น้ำได้ครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Soil available water) แล้วจึงให้น้ำกลับไปจุด FC สำหรับปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration, ETc หน่วย mm/day) คำนวณจากค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration, ETp หน่วย mm/day) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient, Kc) จาก Equation 1

$$ETc = ETp \times Kc \quad (1)$$

สำหรับปริมาณการให้น้ำ (Irrigation water applied) ความถี่ในการให้น้ำ (Drip frequency, days) และระยะเวลา (Drip duration, h) ของแผนการให้น้ำ (ในกรณีที่ไม่ฝน) คำนวณจาก Equation 2 3 และ 4

$$\text{Irrigation water applied (mm./round)} = (\text{AWHC} \times \text{Dr} \times 50\%) \quad (2)$$

$$\text{Drip frequency (day)} = \text{Irrigation water applied} / \text{ETc} \quad (3)$$

$$\text{Drip duration (hour)} = (\text{AWHC} \times \text{Dr} \times 50\%) / \text{Fd} \quad (4)$$

โดย AWHC = Available water holding capacity (mm/mm), Dr = ความลึกของราก (Root depth, mm); Fd = อัตราการไหลของระบบน้ำหยด (Flow rate of the drip irrigation หน่วย mm/h) โดยในเดือนที่ 1 และ 2 หลังปลูกใช้ความลึกของราก 100 และ 200 มม. ในการคำนวณความต้องการน้ำของมันสำปะหลัง และหลังจากนั้นใช้ความลึกของราก 300 มม. ในกรณีที่ฝนระหว่างการให้น้ำแต่ละครั้ง จะเลื่อนระยะเวลาการให้น้ำออกไปให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนใช้การ (Effective rain) ซึ่งคำนวณโดยใช้วิธี Daily Soil Moisture Balance (FAO, 1998) แผนการให้น้ำในกรณีที่ไม่ฝนตก ปริมาณการให้น้ำ ความถี่ และระยะเวลาการให้น้ำ ในดินทั้ง 2 ชนิดแสดงใน Table 2 เนื่องจากดินร่วนเหนียวปนทรายมี

ความสามารถในการกักน้ำได้มากกว่าดินร่วนทราย ดังนั้นความถี่ในการให้จึงน้อยกว่าแต่ปริมาณและระยะเวลาการให้น้ำแต่ละครั้งมากกว่าดินร่วนทราย (Table 2)

Table 2 Irrigation plan for cassava in sandy clay loam and sandy loam soils during Feb–Oct 2022

Soil types	Month									
	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Sandy clay loam	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Irrigation water applied (mm./round)	7.8	15.5	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	
Water application frequency (day)	8	9	8	5	5	5	5	8	8	
Operation time (hr./round)	1.4	2.8	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	
Sandy loam	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Irrigation water applied (mm./round)	4.75	9.5	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	
Water application frequency (day)	5	5	5	3	3	3	3	5	5	
Operation time (hr./round)	0.9	1.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	

หลังจากปลูกมันสำปะหลังบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแป้งมันสำปะหลัง หลังเก็บเกี่ยววิเคราะห์ดิน (ความหนาแน่นรวม ความพรุน และธาตุอาหารในดิน) นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาเงื่อนไขและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ พร้อมเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันสำปะหลังอินทรีย์

ผลการทดลอง

ปริมาณการให้น้ำชลประทานมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนทราย

การทดลองนี้ให้น้ำโดยระบบน้ำหยด และคำนวณรูปแบบการให้น้ำตามอายุของมันสำปะหลังด้วยหลักการ water balance โดยคำนวณจากความต้องการน้ำของพืชและความสามารถในการกักน้ำของดินแต่ละชนิด โดยในช่วงปลูก (ปี 2565) มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างมากแต่มีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ (Table 3) ดังนั้นจึงมีปริมาณฝนใช้การที่ได้รับในช่วงปลูกน้อยกว่าความต้องการน้ำของพืช ซึ่งปริมาณฝนรวม ปริมาณฝนใช้การ และปริมาณการให้น้ำชลประทานแสดงใน Table 4 โดยดินร่วนเหนียวปนทรายมีปริมาณการให้น้ำรวม 328 มม. และในดินร่วนทรายมีปริมาณการให้น้ำรวม 461 มม. เนื่องจากดินที่มีการกักน้ำได้มาก สามารถเก็บกักน้ำได้มากจึงทำให้มีปริมาณฝนใช้การมากกว่า

Table 3. Rainfall and temperature in Nakhon Ratchasima during Feb–Oct 2022

Month	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
Rainfall (mm.)	25	41	118	220	67	109	139	288	143
Temperature (°C)	26.7	30.42	29.2	28.8	30.3	29.7	28.8	28.3	26.7

Table 4 Irrigation water supply for cassava in sandy clay loam and sandy loam soils

Soil texture	Water requirement	Total rain fall	Effective rain*	Irrigation water supply
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Sandy clay loam	917	1150	589	328
Sandy loam	917	1150	456	461

** estimated from the Daily Soil Moisture Balance Method (Allen, 1998)

การเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังพันธุ์พิจิตร 2 และพันธุ์พิจิตร 4 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย ซึ่งพบว่ามันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันดังนี้

- ความสูง และดัชนีความเขียวใบ (SPAD chlorophyll meter reading, SCMR) มันสำปะหลังพันธุ์พิจิตร 4 ที่อายุ 1-7 เดือน พบว่าการจัดการดิน-ธาตุอาหารต่างกัน (ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ปลูกพืชบำรุงดินก่อนปลูก และไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์) ไม่ทำให้ความสูงต้นและความเขียวใบแตกต่างกันทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้มันสำปะหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์พิจิตร 4 พบว่ามีความสูงต้นและความเขียวใบมากกว่าทรีตเมนต์อื่นและพันธุ์พิจิตร 2 เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้มีความสูงต้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ (Table 5)

- ผลผลิตต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์พิจิตร 4 พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงกว่าการจัดการดิน-ธาตุอาหารพืชแบบอื่นๆ ส่วนพันธุ์พิจิตร 2 เมื่อมีการจัดการดิน-ธาตุอาหารพืชต่างกันไม่มีผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันในทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่าวิธีอื่น (1,366.61 กก./400 ตร.ม. หรือ 5.46 ตัน/ไร่) (Table 6) และการไม่ปรับปรุงดินมีผลให้มันสำปะหลังพันธุ์นี้มีผลผลิตน้อยกว่าการปรับปรุงดินทั้งสองแบบ

- เปอร์เซ็นต์แป้ง มันสำปะหลังพันธุ์พิจิตร 4 เมื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์ และการปลูกพืชบำรุงดินก่อนปลูกมันสำปะหลังส่งผลให้หัวมันสำปะหลังพันธุ์นี้มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (Table 6) อย่างไรก็ตามพันธุ์พิจิตร 2 การจัดการดิน-ธาตุอาหารพืชที่ต่างกันไม่ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกัน (25.78–28.80%)

Table 5 Effects of soil and fertilizer managements on plant height and leaf SCMR of cassava in sandy clay loam soil

Treatments	Plant height (cm.)						Leaf SCMR					
	Phirun 2			Phirun 4			Phirun 2			Phirun 4		
	3 ¹	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T1 no fertilizer	80.9 ^b	106.9 ^b	138.1	114.2	153.3	195.1	33.2 ^b	27.3 ^c	29.9 ^c	35.7	33.2	32.9 ^b
T2 organic fertilizer	98.4 ^a	132.9 ^a	154.5	123.2	168.1	208.9	35.7 ^a	36.7 ^a	36.7 ^a	35.4	36.0	37.2 ^a
T3 green manure	85.2 ^b	127.1 ^a	144.9	114.6	154.8	197.2	34.5 ^{ab}	31.7 ^b	32.0 ^b	35.7	35.6	35.8 ^a
F-test	**	**	ns	ns	ns	ns	*	**	**	ns	ns	**

¹ Means in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

ns, *, ** = non-significant, significant, and highly significant differences, respectively

Table 6 Effects of soil and fertilizer managements on yield and starch content of cassava in sandy clay loam soil

Treatments	Yield (kg/400 m ²)		Starch (%)	
	Phirun 2	Phirun 4 ¹	Phirun 2	Phirun 4
T1 no fertilizer	1,020.4	1,399.9 ^b	25.78	26.48 ^{ab}
T2 organic fertilizer	1,366.6	1,645.4 ^a	28.80	29.63 ^a
T3 green manure	1,290.9	1,522.7 ^{ab}	27.83	28.20 ^{ab}
F-test	ns	*	ns	*

¹ Means in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

ns, * = non-significant and significant differences at $p < 0.05$, respectively

การเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังพันธุ์พิจิตร 2 และพิจิตร 4 ที่ปลูกในดินร่วนทราย

เมื่อปลูกมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ ในดินร่วนทรายได้ผลการทดสอบไปในทางเดียวกับดินร่วนเหนียวปนทราย

- ความสูง และดัชนีความเขียวใบ พบว่าการจัดการดิน-ธาตุอาหารพืชต่างกัน ทำให้มันสำปะหลังมีความสูงแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้มันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์มีความสูงมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ อีกทั้งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และการปลูกพืชบำรุงดินก่อนปลูก ส่งผลให้มันสำปะหลังมีความเขียวใบสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (Table 7) ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังพันธุ์พิจิตร 2 และพิจิตร 4 เมื่อปลูกในดินร่วนทราย

- ผลผลิตต่อไร่ การให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิจิตร 2 เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลผลิตสูง (1,098.4 กก./400 ตร.ม. หรือ 4.39 ตัน/ไร่) และพบเช่นกันว่าพันธุ์พิจิตร 4 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลผลิต (1,119.7 กก./400 ตร.ม. หรือ 4.48 ตัน/ไร่) สูงกว่าการจัดการดินแบบอื่นๆ (Table 8)

- เปอร์เซ็นต์แป้ง การจัดการดินโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และการปลูกพืชบำรุงดินก่อนปลูก ทำให้หัวมันสำปะหลังพันธุ์พิจิตร 4 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ในขณะที่พันธุ์พิจิตร 2 เมื่อจัดการดินที่แตกต่างกัน ให้เปอร์เซ็นต์แป้งระหว่าง 25.93–26.52% (Table 8) ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

Table 7 Effects of soil and fertilizer managements on plant height and leaf SCMR of cassava in sandy loam soil

Treatments	Plant height (cm.)						SCMR					
	Phirun 2			Phirun 4			Phirun 2			Phirun 4		
	3 ¹	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T1	70.0	94.1 ^b	112.5 ^b	69.0	99.7	128.3 ^b	33.8	31.7	32.4	32.0 ^b	30.4 ^b	32.7 ^b
T2	84.2	114.4 ^a	138.7 ^a	91.4	128.5	172.6 ^a	34.0	33.4	35.2	33.4 ^{ab}	35.2 ^a	37.0 ^a
T3	75.7	103.5 ^{ab}	136.3 ^a	78.2	106.3	147.9 ^b	35.3	34.8	35.4	34.4 ^a	34.0 ^{ab}	35.4 ^a
F-test	Ns	*	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	*	*	**

¹ Means in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

ns, *, ** = non-significant, significant, and highly significant differences, respectively

T1: no organic fertilizer, T2: organic fertilizer, T3: green manure (mung bean)

Table 8 Effects of soil and fertilizer managements on yield and starch content of cassava in sandy loam soil

Treatments	Yield (kg/400 m ²)		Starch (%)	
	Phirun 2	Phirun 4 ¹	Phirun 2	Phirun 4
T1 no organic fertilizer	913.6	875.7 ^b	25.93 ^b	26.17
T2 organic fertilizer	1,098.4	1,119.7 ^a	26.52 ^a	26.73
T3 green manure	990.9	1,022.7 ^{ab}	26.30 ^a	26.28
F-test	ns	*	**	ns

¹Means in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

ns, *, ** = non-significant, significant, and highly significant differences, respectively

สมบัติของดินหลังการปลูกมันสำปะหลัง 2 พันธุ์

ซึ่งดินทั้ง 2 แปลงมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังและมีการปรับปรุงดิน ในดินร่วนเหนียวปนทรายมีค่า OM อยู่ระหว่าง 0.76–1.04% ซึ่งสูงกว่าก่อนปลูก (0.65%) (Table 9) ส่วนในดินร่วนทรายค่า OM อยู่ระหว่าง 0.32–0.39% ซึ่งต่ำกว่าก่อนปลูก (0.61%) อย่างไรก็ตามค่า EC ของดินหลังและก่อนปลูกมันสำปะหลังไม่แตกต่างกัน บ่งชี้ว่าการใส่อินทรีย์วัตถุไม่ได้ส่งผลให้ดินเค็ม นอกจากนี้ยังพบว่าดินทั้งสองชนิดที่ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีค่าความหนาแน่นรวมของดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และการปลูกพืชบำรุงดิน (ดินร่วนทราย 1.37 g/cm³ ดินร่วนเหนียวปนทราย 1.41 g/cm³) เนื่องจากมีความแน่นที่มากกว่าที่ไรต์เมนต์อื่น แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมของดินน้อยกว่าที่ไรต์เมนต์อื่น (ความหนาแน่นรวมของดินร่วนทราย 1.28 g/cm³ ดินร่วนเหนียวปนทราย 1.34 g/cm³) นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ดินมีค่าความพรุนสูงกว่าที่ไรต์เมนต์อื่น โดยในดินร่วนทราย และร่วนเหนียวปนทราย ดินมีค่าความพรุน 0.53 และ 0.51 ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในดินหลังปลูกมันสำปะหลัง การปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เมื่อเปรียบเทียบกับ การไม่ปรับปรุงดิน พบว่ามีปริมาณ OM เพิ่มขึ้นในดินทั้ง 2 ชนิด ส่วนปริมาณธาตุอาหารพืช P และ K เพิ่มขึ้นชัดเจนเมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในดินร่วนทราย สำหรับการปรับปรุงดินโดยการปลูกถั่วก่อนปลูกมันสำปะหลังค่า OM ไม่แตกต่างจากการไม่ปรับปรุงดิน อาจเป็นเพราะถั่วเขียวมี biomass ไม่มากและมีการสลายตัวหมดเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ปุ๋ยพืชสด ส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมน้อยลง และมีค่าความพรุนสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การไม่ปรับปรุงดิน ในดินร่วนทราย และร่วนเหนียวปนทราย แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลให้ความหนาแน่นลดลงและความพรุนเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสด

Table 9. Physical and chemical properties of experimental soils after harvesting

Soil type	EC (dS/m)	pH (1:1)	OM (%)	Avai. P (ppm)	Exc. K (ppm)	Bulk density (g/cm ³)	Porosity (ratio)
Sandy clay loam							
T1	0.079	7.19	0.89	9.29	68.8	1.41	0.49
T2	0.022	6.20	1.04	9.4	61.6	1.34	0.53
T3	0.022	6.55	0.76	9.15	60.2	1.37	0.50
Sandy loam							
T1	0.011	5.55	0.33	3.03	25.5	1.37	0.49
T2	0.015	5.95	0.39	7.05	51.0	1.28	0.51
T3	0.017	6.12	0.32	2.46	45.6	1.34	0.49

T1: no organic fertilizer, T2: organic fertilizer, T3: green manure (mung bean)

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การทดสอบเทคโนโลยีการจัดการดิน น้ำและธาตุอาหารพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลังอินทรีย์มีเป้าหมายเพื่อใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมันสำปะหลังพันธุ์พิจูณ 2 และพิจูณ 4 โดยมีการให้น้ำแบบประหยัดภายใต้ระบบน้ำหยด ซึ่งใช้หลักการให้น้ำตามความต้องการของพืชร่วมกับการจัดการดินและธาตุอาหารพืชโดยวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองและมีการให้ปุ๋ยอินทรีย์ตามค่าวิเคราะห์ดิน ทดสอบในดินร่วนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย โดยมีการจัดการธาตุอาหารพืช ได้แก่ T1: ไม่ให้ปุ๋ยอินทรีย์ T2: ให้ปุ๋ยอินทรีย์ตามค่าวิเคราะห์ดิน และ T3: ปลูกพืชตระกูลถั่วก่อนการปลูกมันสำปะหลัง (การทดลองนี้ได้ทดลองใช้ถั่วเขียว) ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

การเจริญเติบโต และผลผลิตมันสำปะหลัง ผลจากการทดสอบการจัดการน้ำ ดิน และธาตุอาหารพืช ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิจูณ 2 และพิจูณ 4 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนทรายนพบว่าการจัดการปุ๋ยทั้ง 3 ทรีตเมนต์ มันสำปะหลังมีความสูงและความเขียวใบไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มส่งผลให้มันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์มีความสูงต้น และดัชนีความเขียวใบสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ การให้ผลผลิตพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังพิจูณ 2 และพิจูณ 4 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทรายมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 17.53–17.56% และให้เปอร์เซ็นต์แป้ง (28.80–29.63%) สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (11.63–11.70%) สำหรับการปลูกพืชบำรุงดินก่อนปลูกส่งผลให้มันสำปะหลังได้ผลผลิตสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการไม่ปรับปรุงดิน ในดินร่วนทรายนการให้ปุ๋ยอินทรีย์และการปลูกพืชบำรุงดินส่งผลให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์สูงขึ้น 20.30–27.88% เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และการปลูกพืชบำรุงดินเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการไม่ปรับปรุงดิน นอกจากการปรับปรุงดินแล้วรูปแบบการจัดการน้ำแก่มันสำปะหลัง โดยระบบน้ำหยดเป็นวิธีการที่ให้น้ำแบบประหยัดและมีประสิทธิภาพ (สุดชล และคณะ, 2558) การทดลองนี้ได้คำนวณปริมาณการให้น้ำให้เหมาะสมกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดินแต่ละชนิด และตามความต้องการของมันสำปะหลัง (1,020 มม.) ซึ่งดินร่วนเหนียวปนทราย ให้น้ำหยดตลอดฤดู 328 มม. เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำรวมตลอดฤดูปลูก 1,020 มม. ดินร่วนทรายนมีการใช้น้ำจริง 461 มม. ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของสุดชล และคณะ (2562) ที่ได้มีการคำนวณการให้น้ำแก่มันสำปะหลังชนิดชม (พันธุ์ระยอง 72 และห้วยบง 60) โดยให้น้ำหยดและมีรูปแบบการให้น้ำ และความต้องการน้ำตามความต้องการของมันสำปะหลัง ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในดินชนิดต่างๆ 20–32% สำหรับเกษตรกรโดยส่วนใหญ่ไม่มีหลักในการให้น้ำมากให้น้ำตามความรู้สึก และให้น้ำไม่เพียงพอในช่วงที่พืชต้องการใช้น้ำมาก ส่งผลให้การให้น้ำไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่สูง อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังจากผลการทดลองครั้งนี้ได้ผลผลิตไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับทดลองให้น้ำอื่น เนื่องจากข้อจำกัดในการใช้ปุ๋ยและศักยภาพของพันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง อย่างไรก็ตามผลผลิต 4 ตัน/ไร่ ในระบบมันสำปะหลังอินทรีย์ถือว่าเป็นผลผลิตที่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังอินทรีย์ทั่วๆ ไปที่ไม่มีระบบน้ำหยด และไม่มีการจัดการดินอย่างเหมาะสม

คุณสมบัติของดินหลังปลูกมันสำปะหลัง การจัดการดินและการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสม นอกจากส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตแล้ว ยังมีผลในการปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้นด้วย การทดลองนี้พบว่า การให้ปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลให้ดินร่วนทรายน และดินร่วนเหนียวปนทรายน มีความหนาแน่นรวมของดินน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่น และการให้ปุ๋ยอินทรีย์ยังส่งผลให้ดินมีค่าความพรุนสูงขึ้น โดยในดินร่วนเหนียวปนทรายนและดินร่วนทรายนมีความพรุน 0.53 และ 0.51 ตามลำดับ ซึ่งความหนาแน่นรวมของดินเมื่อละเอียดมีค่าระหว่าง 1.2–1.8 g/cm³ (วันเพ็ญ และชนิดา, 2559) นอกจากนี้อินทรีย์วัตถุที่มีผลทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้นโดยทำให้ดินมีโครงสร้างและความพรุนสูงขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการระบายน้ำและอากาศในดิน

มีรายงานว่า การให้ปุ๋ยอินทรีย์เมื่อปลูกพืชติดต่อกัน 5 ปี ดินมีความหนาแน่นลดลง และมีความพรุนของดินสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (Jung and Yang, 2000) และการปรับปรุงดินโดยการปลูกพืชบำรุงดินก่อนปลูกพืชหลักช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินได้เช่นกัน แต่การย่อยสลายของปุ๋ยพืชสดอาจเกิดขึ้นช้ากว่าปุ๋ยอินทรีย์ การปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจึงช้ากว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (ชวลิต, 2529) นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในดินในระยะยาว เพราะหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุ ปริมาณ P และ K สูงขึ้น โดยเฉพาะในดินร่วนทราย ทั้งนี้เพราะปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่มีการย่อยสลายไปเพียงบางส่วนในช่วงที่ปลูกพืช บางส่วนยังคงเหลือตกค้างในรูปสารอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารพืชต่างๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการปลูกพืชในฤดูกาลถัดไป สำหรับการใส่ปุ๋ยพืชสด (ถั่วเขียว) มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่ส่งผลกระทบต่อปรับปรุงดินในระยะยาวน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ อาจเนื่องมาจากปริมาณ biomass ที่ไม่มากและเป็นซากพืชตระกูลถั่วจึงมีการสลายตัวได้เร็วและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาทั้งหมดในช่วงการปลูก จึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2563. เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง. <https://www.doa.go.th/fc/rayong/wp-content/uploads/2021/06เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง.pdf>, 25 มกราคม 2566
- ชวลิต ชงประยูร. 2559. เอกสารประกอบการอบรม หลักสูตรจลนศาสตร์กับการพัฒนาการเกษตร. การทำปุ๋ยหมัก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน คณะเกษตร กำแพงแสน ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง. นครปฐม.
- ไพฑูริย์ พักเขียว. 2557. การศึกษาระบบการเพาะปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง. วารสารวิจัย มสค สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 7: 93-102.
- วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล, ชนิตา เกิดชนะ. 2559. คู่มือการวิเคราะห์ดินทางกายภาพและการแปลผลเพื่อการสำรวจและจำแนกดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สุดชล วันประเสริฐ, ลลิตพร มะชิโกวา, ธีรศักดิ์ ตองอบ, วรณยูพา เชื้อมตะคุ. 2558. คู่มือการปลูกมันสำปะหลังแบบมืออาชีพ ภายใต้ระบบน้ำหยด. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- สุดชล วันประเสริฐ, ลลิตพร มะชิโกวา. 2562. การให้น้ำแบบแม่นยำสำหรับมันสำปะหลังในระบบน้ำหยด. ใน: รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา
- สำนักการค้าสินค้า. 2563. การนำเข้าสินค้ามันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ของไทย. <https://api.dtn.go.th/files/v3/5e871694ef4140f16b21b86a/download>, 25 มกราคม 2566.
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์. 2564. มันสำปะหลัง. <https://www.opsmoac.go.th/nakhonsawan-dwl-files-431691791796>, 25 มกราคม 2566.
- สำนักข่าวอีไฟแนนซ์ไทย. 2565. "แป้งฟลาวมันสำปะหลัง" เรือธงใหม่ของ UBE เจาะตลาดออร์แกนิกโลก. https://www.efinancethai.com/advertorial/AdvertorialMain.aspx?name=ad_202%20112231337, 20 พฤศจิกายน 2565.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. "แป้งฟลาวมันสำปะหลัง" เรือธงใหม่ของ UBE เจาะตลาดออร์แกนิกโลก. https://www.efinancethai.com/advertorial/AdvertorialMain.aspx?name=ad_, 20 พฤศจิกายน 2565.

อลงกรณ์ วงศ์หมั่น, กัญจน์ชญา เม้าสีว, จรัญธร บุญญาอนุภาพ. 2560. ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำของดินในพื้นที่แหล่งต้นน้ำที่ได้รับผลกระทบจากดินถล่ม. ใน: การประชุมวิชาการ “ทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม นเรศวร ครั้งที่ 2”. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, หน้า 9–16.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements. Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.

Jung, K.Y., Yang, J.E. 2000. Recycling technology of livestock wastes. In: International Seminar on Issues in The Management of Agricultural Resources in Commemoration of FFTC 30th Anniversary, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, Republic of China.

Leo, M., Vernon, H.K. 2015. Potential to increase cassava yields through cattle manure and fertilizer application: results from Bunda College. Central Malawi. Afr. J. Plant Sci. 9: 228–234.
doi.org/10.5897/AJPS2014.1237

ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกต่อการควบคุมวัชพืชในกล้วยหอมทอง Efficiency of post-emergence herbicide on weed control in *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong'

เอกรัตน์ ธนูทอง*, ภัทร์พิชชา รุจิระพงษ์ชัย, ปรัชญา เอกฉัตร, เทอดพงษ์ มหาวงศ์, อุษณีย์ จินดากุล
Akekarat Tanutong*, Phatphitcha Rujirapongchai, Pruchya Ekkathin, Terdphong Mahawong, Aussanee
Chindakul

กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Weed Science Research Group, Plant Protection Research and Development office, Department of
Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: akekarat.t@gmail.com

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก เพื่อควบคุมวัชพืชในกล้วยหอม ดำเนินการทดลอง ณ กลุ่มวิจัยวัชพืช กรมวิชาการเกษตร วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ 20 กรรมวิธี ประกอบด้วย alachlor+atrazine, ametryn, ametryn+atrazine, amicarbazone, atrazine, carfentrazone, diquat, diuron, flumioxazin, glufosinate, glyphosate, imazapic+imazapyr, mesotrione+atrazine, nicosulfuron, oxyfluorfen, sulfentrazone, topramezone, fluazifop-P-butyl+imazethapyr และ clethodim+fomesafen อัตรา 235, 400, 400, 168, 400, 10, 298.4, 400, 35, 97.5, 240, 42, 165, 14.4, 58.75, 134.4, 8.4, 36+21.2 และ 28.8+60 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่พ่นสาร ผลการทดลองพบว่า สารกำจัดวัชพืช ametryn, amicarbazone, diuron, glufosinate และ topramezone สามารถควบคุมวัชพืชที่เป็นวัชพืชเด่นในแปลงกล้วยหอม ได้แก่ หญ้าตีนกา หญ้านกสีชมพู หญ้าตีนนก หญ้ารังนก ผักแครด ผักเสี้ยนดอกม่วง ผักโขม และหญ้าหาง ได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร

คำสำคัญ: การจัดการวัชพืช, วัชพืชเด่น, สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก

Abstract

The efficacy study of post-emergence herbicide was implemented to obtain better insight in weed control on *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong'. The experiment was conducted in Weed Science Research Group. The experimental was arranged in a RCBD with three replications and twenty treatments including alachlor+atrazine, ametryn, ametryn+atrazine, amicarbazone, atrazine, carfentrazone, diquat, diuron, flumioxazin, glufosinate, glyphosate, imazapic+imazapyr, mesotrione+atrazine, nicosulfuron, oxyfluorfen, sulfentrazone, topramezone, fluazifop-P-butyl + imazethapyr and clethodim + fomesafen at 235, 400, 400, 168, 400, 10, 298.4, 400, 35, 97.5, 240, 42, 165, 14.4, 58.75, 134.4, 8.4, 36+21.2 and 28.8+60 g ai/rai respectively. compare with nontreated. The results showed that ametryn, amicarbazone, diuron, glufosinate and topramezone were effective in controlling the dominant weeds in *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong' fields, including: *E. indica*, *E. colona*, *D. ciliaris*, *C. barbata*, *S. nodiflora*, *C. rutidosperma*, *A. viridis* and *E. heterophylla* performed a promising good weed control up to 60 days after application.

Keywords: Dominant weed, Post-emergence herbicides, Weed management

คำนำ

กล้วยหอม (*Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong') (กรมวิชาการเกษตร, 2561) เป็นสินค้าเกษตรส่งออกที่ทำรายได้เข้าประเทศไทยปีละหลายร้อยล้านบาท จากข้อมูลปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยส่งออกกล้วยหอมในรูปผลสดประมาณ 15,051 ตัน คิดเป็นมูลค่า 374 ล้านบาท และในปี พ.ศ. 2564 ประมาณ 14,976 ตัน คิดเป็นมูลค่า 408 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) โดยส่งออกไปยังประเทศจีน ญี่ปุ่น ฮองกง สิงคโปร์ และลาว เป็นต้น (ไทยรัฐออนไลน์, 2560; ประชาชาติธุรกิจ, 2563) พื้นที่ปลูกกล้วยหอมส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดปทุมธานี เพชรบุรี ชุมพร สุราษฎร์ธานี และสระบุรี (ระบบสารสนเทศการผลิตทางการเกษตร, 2563) โดยสามารถปลูกขายได้ทั้งผลผลิตและหน่อพันธุ์

กล้วยหอมเป็นพืชที่ต้องการการดูแลเป็นอย่างดีตั้งแต่เริ่มปลูกจนให้ผลผลิต วัชพืชเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการทำสวนกล้วยหอม เนื่องจากกล้วยหอมต้องการความชื้นสูงตลอดการเจริญเติบโต จึงเป็นสาเหตุให้การแข่งขันของวัชพืชเกิดขึ้นสูง การปล่อยให้วัชพืชขึ้นแข่งกับกล้วยหอมตั้งแต่เริ่มปลูก ส่งผลให้การเจริญเติบโตของกล้วยหอมชะงัก ต้นแคระแกร็น นอกจากนี้วัชพืชยังเป็นที่อยู่อาศัยของศัตรูพืชอื่นๆ และยังเป็นสาเหตุทำให้ยากต่อการเข้าไปปฏิบัติดูแลรักษา เช่น การใส่ปุ๋ย การพ่นสารกำจัดแมลงและโรค เป็นต้น (พรชัย, 2540; คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2547; กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2560) การควบคุมวัชพืชมีหลายวิธี เช่น ใช้เครื่องจักรกล แรงงานคน หรือใช้สารกำจัดวัชพืช ในปัจจุบันเกษตรกรกำจัดวัชพืชในแปลงกล้วยหอมโดยการไ้แรงงานคนถอนหญ้าด้วยจอบ ซึ่งเกษตรกรประสบปัญหาค่าจ้างแรงงานสูง อีกทั้งยังขาดแคลนแรงงาน เกษตรกรจึงหันมาใช้สารกำจัดวัชพืชในการป้องกันกำจัดเพิ่มมากขึ้น โดยปัจจุบันยังไม่มีคำแนะนำจากหน่วยงานราชการที่แนะนำให้เกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างเหมาะสมในกล้วยหอม (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2555) เกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้สารกำจัดวัชพืชจากคำแนะนำในไม่ผลชนิดอื่นๆ เพื่อควบคุมวัชพืชในกล้วยหอม

ดังนั้นกลุ่มวิจัยวัชพืชซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการศึกษาวิจัยการใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างเหมาะสมในพืชปลูก จึงควรทำการทดสอบประสิทธิภาพพาสารกำจัดวัชพืช เพื่อให้ได้สารทางเลือกให้แก่เกษตรกรได้เลือกใช้ สำหรับกำจัดวัชพืชในกล้วยหอมอย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การสำรวจชนิดวัชพืชในพื้นที่ปลูกกล้วยหอม

สำรวจชนิดวัชพืชในพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทางภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคใต้ จำนวน 50 แปลง ในพื้นที่ที่สามารถเดินเข้าถึงได้ มีวิธีการสำรวจโดยเดินตามแนวตั้งฉากกับด้านยาวของแปลงอย่างน้อย 3 แนว และแนวทแยงมุม โดยแต่ละแปลงมีขนาดไม่ต่ำกว่า 1 ไร่ จุดบันทึกวัชพืชทุกชนิดที่พบ จนกว่าจะไม่พบ ชนิดใหม่เพิ่มเติม ซึ่งทำการจุดบันทึกวัชพืชทั้งสิ้น 497 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อ้อมาคำนวณเป็น ความถี่สัมพัทธ์ของวัชพืชแต่ละชนิด (Relative frequency; RF) ตามวิธีของ จันทรพีญ และคณะ (2555) ตาม Equation 1

$$RF (\%) = \frac{\text{Frequency value for a species}}{\text{Total frequency value for all species}} \times 100 \quad (1)$$

การทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืช

ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนมกราคม-เดือนกันยายน 2565 ในเรือนทดลองกลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ทั้งหมด 20 กรรมวิธี ซึ่งมีทั้งการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบเดี่ยวและแบบผสม โดยมีกรรมวิธีดังนี้ 1) alachlor+atrazine 33%+14% SE 2) ametryn 50% SC 3) ametryn+atrazine 40%+40% WP 4) amicarbazon 70% WG 5) atrazine 50% SC 6) carfentrazone 40% WG 7) diquat 37.3% SL 8) diuron 80% SC 9) flumioxazin 50% WP 10) glufosinate 15% SL 11) glyphosate 48% SL 12) imazapic+imazapyr 26.25%+8.75% SL 13) mesotrione+atrazine 2.5+25% SC 14) nicosulfuron 6% OD 15) oxyfluorfen 23.5% EC 16) sulfentrazone 48% SC 17) topramezone 33.6% SC 18) fluazifop-P-butyl 15% EC + imazethapyr 5.3% W/V SL และ 19) clethodim 24% EC + fomesafen 25% SL อัตรา 235, 400, 400, 168, 400, 10, 298.4, 400, 35, 97.5, 240, 42, 165, 14.4, 58.75, 134.4, 8.4, 36+21.2 และ 28.8+60 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับ 20) ไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช

นำเมล็ดวัชพืชที่เป็นวัชพืชเด่นที่ขึ้นในแปลงกล้วยหอมจากการสำรวจ (ขั้นตอนที่ 1) มาโรยในกระบะพลาสติกขนาด 40 x 50 เซนติเมตร จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ หญ้าตีนกา หญ้านกสีชมพู หญ้าตีนนก หญ้ารังนก ผักแครด ผักเลี่ยนดอกม่วง ผักโขม และหญ้ายาง ชนิดละ 100 เมล็ด/กระบะ (เมล็ดสุกแก่) จากนั้นพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธี ที่ระยะวัชพืชมีจำนวนใบมากกว่า 5 ใบ มีความสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร (มีอายุเฉลี่ย 30 วันหลังโรยเมล็ด) โดยใช้เครื่องพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบสะพายหลัง หัวพ่นแบบรูปพัด ใช้อัตราน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ บันทึกข้อมูล 1) จำนวนชนิดและน้ำหนักแห้งของวัชพืชที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช 2) ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช (Weed control efficiency; WCE) ตามวิธีของ Singh et al. (2017) ตาม Equation 2

$$WCE (\%) = \frac{\text{Weed population in control} - \text{Weed population in treated plot}}{\text{Weed population in control}} \times 100 \quad (2)$$

3) ดัชนีการควบคุมวัชพืช (Weed control index; WCI) ตาม Equation 3

$$WCI (\%) = \frac{\text{Weed dry weight in control} - \text{Weed dry weight in treated plot}}{\text{Weed dry weight in control}} \times 100$$

(3)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสำรวจชนิดวัชพืชในพื้นที่ปลูกกล้วยหอม

จากการสำรวจชนิดของวัชพืชในแปลงกล้วยหอม จำนวน 50 แปลง พบวัชพืช 57 ชนิด ซึ่งมี 8 ชนิด ที่พบว่าเป็นวัชพืชเด่น ได้แก่ หญ้าตีนกา (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) หญ้านกสีชมพู (*Echinochloa colona* (L.) Link) ผักแครด (*Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn.) ผักเลี่ยนดอกม่วง (*Cleome ruidosperma* DC.) ผักโขม (*Amaranthus viridis* (L.) หญ้าตีนนก (*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler) หญ้ายาง (*Euphorbia heterophylla* L.) และหญ้ารังนก (*Chloris barbata* Sw.) พบใน 37, 34, 30, 28, 28, 27, 27 และ 25 แปลง คิดเป็นความถี่สัมพัทธ์ 7.44, 6.84, 6.04, 5.63, 5.63, 5.43, 5.43

และ 5.03% ตามลำดับ (Table 1) เช่นเดียวกับที่ ศิริพร และคณะ (2560) รายงานว่า ชนิดวัชพืชที่สำคัญในแปลงกล้วยมีทั้งประเภทใบแคบและประเภทใบกว้าง ตัวอย่างเช่น หญ้าตีนกา หญ้าตีนนก หญ้าปากควาย หญ้าหนัสนิมพู หญ้าขจรจบ ผักโขม หญ้าละออง น้ำนมราชสีห์ ลูกใต้ใบ ตีนตุ๊กแก ผักเสี้ยนดอกม่วง เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ปลูก อายุพืชปลูก และระบบการปลูกพืช

Table 1 List of weeds in *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong' fields

Scientific name	Family	Thai name	RF (%)
Narrow leaf weeds			
<i>Acroceras munroanum</i> (Balansa) Henrard	Poaceae	Ya Bai Phai	0.20
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P.Beauv.	Poaceae	Carpet Grass	0.20
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Poaceae	Para Grass	2.21
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Poaceae	Burgrass	0.40
<i>Chloris barbata</i> Sw.	Poaceae	Windmill Grass	5.03
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	Bermuda Grass	0.60
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Poaceae	Beach Wire Grass	1.41
<i>Dichanthium annulatum</i> (Forssk.) Stapf	Poaceae	Shedagrass	2.01
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	Poaceae	Summer Grass	5.43
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Poaceae	Jungle Rice	6.84
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Poaceae	Wire Grass	7.44
<i>Eriochloa procerata</i> (Retz.) C.E.Hubb.	Poaceae	Tropical Cupgrass	1.81
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch.	Poaceae	Cotton Wool Grass	0.80
<i>Leptochloa chinensis</i> (L.) Nees	Poaceae	Feather Grass	3.02
Broad leaf weeds			
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T.Anderson	Acanthaceae	Chinese Violet	1.81
<i>Ruellia tuberosa</i> L.	Acanthaceae	Minnie Root	4.02
<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	Aizoaceae	Horse Purslane	0.60
<i>Amaranthus viridis</i> L.	Amaranthaceae	Slender Amaranth	5.63
<i>Gomphrena celosioides</i> Mart.	Amaranthaceae	Gomphrena Weed	0.40
<i>Ageratum conyzoides</i> (L.) L.	Asteraceae	Billy Goat Weed	0.20
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Asteraceae	False Daisy	4.02
<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn.	Asteraceae	Nodeweed	6.04
<i>Tridax procumbens</i> (L.) L.	Asteraceae	Tridax Daisy	3.22
<i>Cleome gynandra</i> L.	Cleomaceae	Wild Spider Flower	0.20
<i>Cleome rutidosperma</i> DC.	Cleomaceae	Fringed Spider Flower	5.63
<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	Benghal dayflower	2.62

Scientific name	Family	Thai name	RF (%)
<i>Ipomoea aquatica</i> Forssk.	Convolvulaceae	Swamp Morning Glory	0.20
<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt	Cucurbitaceae	Ivy Gourd	0.20
<i>Acalypha indica</i> L.	Euphorbiaceae	Indian Nettle	0.40
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	Milkweed	5.43
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae	Garden Spurge	1.01
<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. & Thonn.	Phyllanthaceae	Carry Me Seed	0.60
Sedge			
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Purple Nut Sedge	1.61
<i>Fimbristylis quinquangularis</i> (Vahl) Kunth	Cyperaceae	Lesser Fimbristylis	2.01
<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.	Cyperaceae	Short-leaved Kyllinga	1.61

ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืชเด่นที่พบในแปลงกล้วยหอม ได้แก่ หญ้าตีนกา หญ้านกสีชมพู หญ้าตีนนก หญ้ารังนก ผักแครด ผักเสี้ยนดอกม่วง ผักโขม และหญ้าหาง พบว่า กรรมวิธีพ่นสารกำจัดวัชพืช ametryn, amicarbazone, diuron, glufosinate, glyphosate, imazapic+imazapyr และ topramezone อัตรา 400, 168, 400, 97.5, 240, 42 และ 8.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช อีกทั้งสามารถลดจำนวนต้นและน้ำหนักแห้งของหญ้าตีนกา หญ้านกสีชมพู หญ้าตีนนก หญ้ารังนก ผักเสี้ยนดอกม่วง ผักโขม และหญ้าหางได้ดีถึงสมบูรณ์ โดยมีจำนวนต้นอยู่ระหว่าง 0.0–49.0, 0.0–6.0, 0.0–7.5, 0.0–6.7, 0.0–55.3, 0.0–74.3 และ 0.0–89.0 ต้นต่อ 0.2 ตารางเมตร และมีน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 0.0–33.6, 0.0–4.3, 0.0–7.9, 0.0–2.8, 0.0–14.8, 0.0–18.6 และ 0.0–30.4 กรัมต่อ 0.2 ตารางเมตร ตามลำดับ และสามารถลดจำนวนต้นและน้ำหนักแห้งของผักแครดได้ดีถึงสมบูรณ์ ซึ่งกรรมวิธีพ่นสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวมีจำนวนต้นและน้ำหนักแห้งของวัชพืชน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช ยกเว้นกรรมวิธีพ่นสารกำจัดวัชพืช amicarbazone ที่มีจำนวนต้นและน้ำหนักแห้งของหญ้าหางไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช โดยสอดคล้องกับประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช และดัชนีการควบคุมวัชพืช ที่มีเปอร์เซ็นต์การควบคุมวัชพืชได้มากกว่า 80 % (Table 2 และ Table 3) เช่นเดียวกับที่ Joe DeFrank (2016) รายงานว่าสารกำจัดวัชพืชในกล้วยที่ใช้กันโดยทั่วไปในรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยส่วนใหญ่เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก ได้แก่ paraquat, glyphosate, และ pelargonic acid มีเพียง diuron ที่เป็นทั้งสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนและหลังวัชพืชงอก ซึ่งในประเทศอินเดียก็มีการใช้สารกำจัดวัชพืช diuron อัตรา 256 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เพื่อกำจัดวัชพืชในกล้วยเช่นเดียวกัน (Choudhury et al., 2016) สอดคล้องกับที่ Tony (2016) รายงานว่าสารกำจัดวัชพืชในกล้วยที่นิยมใช้ในประเทศออสเตรเลีย ส่วนใหญ่เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก ได้แก่ paraquat, diquat, และ glufosinate อัตรา 250, 115 และ 200 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ โดยสามารถควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่เป็นพิษต่อกล้วย อีกทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน ในขณะที่ Rana and Rana (2016) ทดสอบผสมสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนและหลังวัชพืชงอก ได้แก่ alachlor, ametryn, diuron และ simazine พบว่า สามารถควบคุมวัชพืชในแปลงกล้วยได้เป็นระยะเวลาสั้น แต่จากการทดสอบความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกต่อกล้วยหอม จำนวน 19 ชนิด พบว่า สารกำจัดวัชพืช glyphosate, imazapic+imazapyr และ fluazifop-P-butyl + imazethapyr อัตรา 240, 42 และ 36+21.2 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พบความเป็นพิษต่อกล้วยหอม ส่งผลให้กล้วยหอมตายที่ระยะ 30 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช จึงไม่แนะนำให้ใช้สารดังกล่าวในกล้วยหอม (เอกรัตน์ และคณะ, 2565)

Table 2 Effect of herbicides for number of weeds and weed control efficiency (WCE) at 60 days after application in net house of the Weed Science Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Bangkok during January to September

Treatments	Rates (g ai/rai)	Number of weed / 0.2 m ²								WCE (%) Total
		Narrow leaf weed				Broad leaf weed				
		ELEIN ^{1/}	ECHCO	DIGCI	CHLBA	SYNNO	CLERU	AMAVI	EUPHE	
1. alachlor+atrazine 33%+14% SE	235	99.7 ^g	99.0 ⁱ	100.0 ^g	29.3 ^b	8.7 ^{ab}	25.3 ^{bc}	100.0 ^f	90.3 ^{ef}	31
2. ametryn 50% SC	400	0.0 ^a	0.7 ^a	7.5 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	42.3 ^d	89.0 ^{ef}	83
3. ametryn+atrazine 40%+40% WP	400	57.0 ^{def}	15.0 ^b	68.0 ^{efg}	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	96.7 ^f	89.0 ^{ef}	59
4. amicarbazone 70% WG	168	6.3 ^{ab}	0.0 ^a	5.5 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	74.3 ^e	0.0 ^a	89
5. atrazine 50% SC	400	50.0 ^{def}	65.3 ^{ef}	100.0 ^g	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	78.0 ^e	93.7 ^{ef}	52
6. carfentrazone 40% WG	10	63.7 ^f	97.0 ⁱ	100.0 ^g	64.7 ^e	1.0 ^a	65.0 ^{ef}	95.3 ^f	98.3 ^f	27
7. diquat 37.3% SL	298.4	51.7 ^{def}	71.7 ^{fg}	59.5 ^{cd}	39.3 ^c	0.0 ^a	0.0 ^a	100.0 ^f	0.0 ^a	60
8. diuron 80% SC	400	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	3.3 ^a	0.0 ^a	99
9. flumioxazin 50% WP	35	46.0 ^d	80.3 ^{gh}	71.0 ^{fe}	28.3 ^b	0.0 ^a	77.0 ^f	100.0 ^f	17.7 ^b	47
10. glufosinate 15% SL	97.5	4.0 ^{ab}	3.3 ^{ab}	7.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	70.0 ^e	0.0 ^a	89
11. glyphosate 48% SL	240	49.0 ^{de}	6.0 ^{ab}	0.0 ^a	6.7 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	92
12. imazapic+imazapyr 26.25%+8.75% SL	42	23.7 ^c	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	55.3 ^{de}	20.7 ^{bc}	1.7 ^a	87
13. mesotrione+atrazine 2.5+25% SC	165	61.0 ^{ef}	0.7 ^a	62.0 ^{cde}	0.0 ^a	1.0 ^a	0.0 ^a	10.3 ^{ab}	87.0 ^{ef}	72
14. nicosulfuron 6% OD	14.4	52.7 ^{def}	48.0 ^d	24.0 ^b	50.0 ^d	21.0 ^{bc}	66.0 ^{ef}	45.0 ^d	51.7 ^d	55
15. oxyfluorfen 23.5% EC	58.75	62.0 ^{ef}	56.0 ^{de}	72.5 ^f	59.0 ^e	29.7 ^c	2.7 ^a	74.0 ^e	54.7 ^d	49
16. sulfentrazone 48% SC	134.4	99.7 ^g	91.0 ^{hi}	57.0 ^c	34.3 ^{bc}	56.0 ^d	41.0 ^{cd}	62.0 ^e	61.3 ^d	37
17. topramezone 33.6% SC	8.4	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	14.3 ^{ab}	32.7 ^{cd}	34.0 ^c	90
18. fluzifop-P-butyl 15% EC + imazethapyr 5.3% SL	36+21.2	11.0 ^{abc}	47.3 ^d	100.0 ^g	0.0 ^a	4.0 ^a	63.0 ^{ef}	100.0 ^f	79.0 ^e	49
19. clethodim 24% EC + fomesafen 25% SL	28.8+60	17.7 ^{bc}	29.3 ^c	100.0 ^g	9.0 ^a	3.0 ^a	40.7 ^{cd}	72.0 ^e	90.3 ^{ef}	55
20. nontreated	-	100.0 ^g	100.0 ⁱ	100.0 ^g	100.0 ^f	100.0 ^e	100.0 ^g	100.0 ^f	100.0 ^f	0
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	
C.V. (%)		21.1	19.8	19.2	24.7	42.9	36.1	20.9	17.2	

^{1/}ELEIN = *Eleusine indica* (L.) Gaertn., ECHCO = *Echinochloa colona* (L.) Link, DIGCI = *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler, CHLBA = *Chloris barbata* Sw., SYNNO = *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn., CLERU = *Cleome rutidosperma* DC., AMAVI = *Amaranthus viridis* L., EUPHE = *Euphorbia heterophylla* L.

* = significant at $p < 0.05$

Means within the same column followed by the same letter are not significant different by Duncan Multiple Range Test at $p < 0.05$

Table 3 Effect of herbicides for weed dry weight and weed control index (WCI) at 60 days after application in net house of the Weed Science Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Bangkok during January to September

Treatments	Rates (g ai/rai)	dry weight (g / 0.2 m ²)								WCI (%) Total
		Narrow leaf weed				Broad leaf weed				
		ELEIN ^{1/}	ECHCO	DIGCI	CHLBA	SYNNO	CLERU	AMAVI	EUPHE	
1. alachlor+atrazine 33%+14% SE	235	46.0 ⁱ	46.1 ^{b-e}	16.3 ^{d-e}	33.8 ^{b-c}	3.0 ^{ab}	3.9 ^{ab}	24.3 ^{jk}	35.1 ^{cd}	59
2. ametryn 50% SC	400	0.0 ^a	1.6 ^a	6.9 ^{bc}	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	13.2 ^{de}	30.4 ^{cd}	90
3. ametryn+atrazine 40%+40% WP	400	18.5 ^{ef}	8.0 ^a	26.2 ^h	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	21.1 ^{hij}	42.6 ^d	77
4. amicarbazone 70% WG	168	3.2 ^{ab}	0.0 ^a	7.9 ^{bc}	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	18.6 ^{fi}	0.0 ^a	94
5. atrazine 50% SC	400	24.5 ^{fg}	32.5 ^b	24.1 ^{gh}	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	17.7 ^{e-h}	23.3 ^{bc}	76
6. carfentrazone 40% WG	10	35.5 ^h	45.2 ^{bcd}	23.0 ^{gh}	28.6 ^b	0.1 ^a	20.2 ^e	21.8 ^{h-k}	33.4 ^{cd}	59
7. diquat 37.3% SL	298.4	29.1 ^{gh}	30.8 ^b	22.1 ^{fg}	40.7 ^c	0.0 ^a	0.0 ^a	12.5 ^{cd}	0.0 ^a	73
8. diuron 80% SC	400	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	8.1 ^{bc}	0.0 ^a	98
9. flumioxazin 50% WP	35	15.9 ^{def}	48.7 ^{cde}	17.0 ^{de}	33.3 ^{bc}	0.0 ^a	25.3 ^f	25.8 ^{kl}	41.3 ^d	59
10. glufosinate 15% SL	97.5	4.9 ^{abc}	1.9 ^a	6.3 ^b	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	14.3 ^{def}	0.0 ^a	95
11. glyphosate 48% SL	240	33.6 ^{gh}	4.3 ^a	0.0 ^a	2.8 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	92
12. imazapic+imazapyr 26.25%+8.75% SL	42	5.7 ^{a-d}	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	14.8 ^d	4.5 ^{ab}	0.4 ^a	95
13. mesotrione+atrazine 2.5+25% SC	165	25.1 ^{gh}	3.6 ^a	14.4 ^b	0.0 ^a	1.0 ^a	0.0 ^a	5.1 ^b	43.6 ^d	82
14. nicosulfuron 6% OD	14.4	12.0 ^{b-e}	14.6 ^a	5.8 ^b	40.8 ^c	9.0 ^c	17.1 ^{de}	13.2 ^{de}	8.6 ^{ab}	76
15. oxyfluorfen 23.5% EC	58.75	32.4 ^{gh}	60.7 ^{de}	9.7 ^c	40.3 ^c	5.3 ^{bc}	1.1 ^a	29.8 ^j	33.4 ^{cd}	58
16. sulfentrazone 48% SC	134.4	56.1 ⁱ	56.4 ^{de}	15.2 ^d	40.7 ^c	16.0 ^d	15.2 ^d	15.8 ^{d-g}	36.3 ^{cd}	50
17. topramezone 33.6% SC	8.4	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	6.0 ^{bc}	7.1 ^b	11.9 ^{ab}	95
18. fluzafop-P-butyl 15% EC + imazethapyr 5.3% SL	36+21.2	11.1 ^{b-e}	30.7 ^b	19.4 ^d	0.0 ^a	2.0 ^{ab}	17.4 ^{de}	22.3 ^{jk}	10.9 ^{ab}	78
19. clethodim 24% EC + fomesafen 25% SL	28.8+60	15.1 ^{c-f}	33.0 ^{bc}	21.3 ^{fg}	31.5 ^{bc}	2.3 ^{ab}	8.6 ^c	19.0 ^{ghi}	33.1 ^{cd}	68
20. nontreated	-	69.4 ^j	61.7 ^e	29.9 ⁱ	40.8 ^c	124.1 ^e	88.3 ^g	47.2 ^m	44.7 ^d	0
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	
C.V. (%)		26.7	36.1	15.0	31.4	18.4	13.8	15.5	42.1	

^{1/}ELEIN = *Eleusine indica* (L.) Gaertn., ECHCO = *Echinochloa colona* (L.) Link, DIGCI = *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler, CHLBA = *Chloris barbata* Sw., SYNNO = *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn., CLERU = *Cleome rutidosperma* DC., AMAVI = *Amaranthus viridis* L., EUPHE = *Euphorbia heterophylla* L.

* = significant at $p < 0.05$

Means within the same column followed by the same letter are not significant different by Duncan Multiple Range Test at $p < 0.05$

สรุป

การพ่นสารกำจัดวัชพืช diuron อัตรา 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชที่เป็นวัชพืชเด่นในแปลงกล้วยหอม ได้แก่ หญ้าตีนกา หญ้านกสีชมพู หญ้าตีนนก หญ้ารงนก ผักแครด ผักเสี้ยนดอกม่วง ผักโขม และหญ้าหาง ในขณะที่สารกำจัดวัชพืช amicarbazone และ glufosinate 168 และ 97.5 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืช ได้แก่ หญ้าตีนกา หญ้านกสีชมพู หญ้าตีนนก หญ้ารงนก ผักแครด ผักเสี้ยนดอกม่วง และหญ้าหาง ส่วนสารกำจัดวัชพืช ametryn และ topramezone อัตรา 400 และ 8.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชได้ทุกชนิด ยกเว้นผักโขม และหญ้าหาง โดยการพ่นสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวสามารถควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2561. กล้วยกินได้ของกรมวิชาการเกษตร. เกินคุ้มมีเดีย. นนทบุรี.
- กลุ่มวิจัยวัชพืช. 2555. คำแนะนำการควบคุมวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืช ปี 2554. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, นนทบุรี.
- กลุ่มวิจัยวัชพืช. 2560. การจำแนก และการจัดการวัชพืชในพืชเศรษฐกิจ. เอกสารประกอบการฝึกอบรม สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, นนทบุรี.
- กลุ่มสารสนเทศการเกษตร. 2563. ข้อมูลเพื่อการวางแผนการพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์รายสินค้าของจังหวัดปทุมธานี ปี 2563 “กล้วยหอม”. <https://www.opsmoac.go.th/pathumthani-dwl-files-421391791163.pdf>, 8 ธันวาคม 2565.
- คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. พืชเศรษฐกิจ, พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- จันทร์เพ็ญ ประคองวงศ์, คมสัน นครศรี, เพ็ญศรี นันทสมสราญ, ศิริพร ซึ่งสนธิพร, จริญญา ปิ่นสุภา. 2555. วัชพืชในสวนส้มโอ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. นนทบุรี.
- ไทยรัฐออนไลน์. 2560. เทรนด์รักสุขภาพมาแรง คนแห่กินกล้วย เกษตรกรยิ้มแฉ่ง ราคาขายพุ่ง 22%. <https://www.thairath.co.th/business/market/1082115>, 8 ธันวาคม 2565.
- ประชาชาติธุรกิจ. 2563. กล้วยไทยนิยมทั่วโลก ก.เกษตรฯส่งเสริมเพิ่มพื้นที่ปลูก ชู “บ้านลาด” โมเดล. <https://www.prachachat.net/economy/news-44949>, 8 ธันวาคม 2565.
- พรชัย เหลืองอากาศพงศ์. 2540. วัชพืชศาสตร์ (Weed Science). โรงพิมพ์ลินคอรัน. กรุงเทพฯ.
- ศิริพร ซึ่งสนธิพร, อังศยา สุริยะวงศ์ตระการ, ธัญชนก จงรักไทย, เอกรัตน์ ธนทอง, กาญจนา พฤษพันธ์. 2560. การศึกษาชนิดวัชพืชของพืชส่งออก ได้แก่ กล้วย มะยงชิด พืชนำเข้า ได้แก่ เมล่อน มะนาว. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2560 เล่มที่ 1. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, หน้า 360–401.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. สถิติการส่งออกกล้วยสดปี 2563–2564. <http://impexp.oae.go.th/service/export.php.pdf>, 8 ธันวาคม 2565.
- เอกรัตน์ ธนทอง, ภัทรพิชชา รุจิระพงศ์ชัย, ปรัชญา เอกฐิน, เทอดพงษ์ มหาวงศ์, ชุณหิณี จินดากุล. 2565. ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชเพื่อใช้เป็นคำแนะนำในการกำจัดวัชพืชในกล้วยหอม. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2565 เล่มที่ 1. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, หน้า 75–128.

- Choudhury, P.P., Singh, R., Ghosh, D., Sharma, A.R. 2016. Herbicide Use in Indian Agriculture. ICAR - Directorate of Weed Research, Jabalpur, Madhya Pradesh.
- Joe DeFrank. 2016. Weed Control in Bananas, Papaya and Selected Vegetable Crops. Tropical Plant and Soil Science, Hawaii at Manoa.
- Rana, S.S., Rana, M.C. 2016. Principles and Practices of Weed Management. Department of Agronomy, College of Agriculture, CSK Himachal Pradesh Krishi Vishvavidyalaya, Palampur.
- Singh, S.P., S. Rawal, Dua, V.K., Sharma, S.K. 2017. Weed control efficiency of herbicide sulfosulfuron in potato crop. Potato J. 44: 110–116.
- Tony, P. 2016. Horticulture Innovation Australia. Department of Agriculture and Fisheries (DAF), Banana (R&D Levy), The University of Queensland, Horticulture Innovation Australia Limited, Brisbane, Australia.

อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกของลูกที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวไทยพันธุ์ปทุมธานี 1 กับข้าวอินเดียพันธุ์ Basmati 370 และข้าวพม่าพันธุ์ Paw hsan hmwe

Rice kernel elongation ratio after cooking of offspring derived from crosses between Thai Rice, Pathumthani 1 with India Rice, Basmati 370 and Myanmar Rice, Paw Hsan Hmwe

ชนทริญา เหมือนแก้ว, สายสมร หงษ์ยนต์, ธาณี ศรีวงศ์ชัย, วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร*

Chonthariya Mueankaew, Saisamorn Hongyon, Tanee Sreewongchai, Weerachai Matthayattaworn*

ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrwhm@ku.ac.th

บทคัดย่อ

อัตราการยืดตัวของข้าวสุกเป็นคุณภาพด้านการหุงต้มลักษณะหนึ่งที่มีความจำเพาะกับพันธุ์ข้าว ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวหลังหุงสุกในเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์ปทุมธานี 1 กับ Paw hsan hmwe และ คู่ผสมระหว่าง ปทุมธานี 1 และ บาสมาติ 370 โดยการทดลองนี้ได้ปลูกประชากรลูกชั่วที่ 2 ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ เก็บเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 นำมาทดสอบอัตราการยืดตัวของข้าวสุก ผลการทดลองพบว่าอัตราการยืดตัวหลังหุงสุกของเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 เป็นลักษณะที่มีการกระจายตัวแบบปกติและมีสายพันธุ์ที่มีค่าต่ำและสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวหลังสุกในเมล็ดสายพันธุ์ชั่วที่ 3 เป็นลักษณะทางปริมาณ และอาจควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ทำให้ค่าเฉลี่ยอัตราการยืดตัวหลังสุกของเมล็ดแต่ละสายพันธุ์ไม่เท่ากัน

คำสำคัญ: ข้าวอินเดีย, ข้าวพม่า, คุณภาพด้านการหุงต้ม, อัตราการยืดตัวของข้าวสุก

Abstract

Rice kernel elongation ratio after cooking is cooking quality. It is specific rice varieties. The objective of this experiment was to evaluate kernel elongation ratio after cooking in F_3 seeds of a cross between Pathumthani 1 and Paw hsan hmwe and cross between Pathumthani 1 and Basmati 370. The F_2 population and their parents were planted. Seeds of F_3 lines were harvested. After that, they were evaluated elongation ratio after cooking. The results showed that elongation ratio after cooking of F_3 lines seeds was segregated with a normal distribution. Moreover, some offspring gave values lower and higher than parental lines. This was showed that the kernel elongation ratio after cooking of F_3 lines seeds were quantitative trait and might be controlled by multiple genes. As a result, the mean value of elongation ratio after cooking each line was not equal.

Keywords: India rice, Myanmar rice, Cooking quality, Rice kernel elongation ratio after cooking

คำนำ

ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ และเป็นอาหารของประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของโลก ขนาดของ เมล็ด และรูปร่างของเมล็ดสามารถกำหนดการยอมรับของตลาด ในขณะที่การหุงต้มได้รับอิทธิพลมาจาก คุณสมบัติของแป้ง บางพันธุ์สามารถยืดตัวได้มากเมื่อผ่านการหุงต้ม การขยายตัวของเมล็ดข้าว เป็นลักษณะที่ ต้องการในข้าวคุณภาพสูง (Khush et al., 1979; Sood et al., 1983) ข้าวพันธุ์ Paw hsan hmwe เป็นข้าวหอมที่ปลูกในประเทศพม่า เป็นข้าวที่รู้จักกันดีในด้านคุณภาพที่ดีมีกลิ่นหอมและการยืดตัวของเมล็ดข้าวในระหว่างกระบวนการหุงต้ม เมล็ดข้าวมีความยาวปานกลาง ข้าวพันธุ์นี้สามารถยืดความยาวได้ถึงสามเท่าหลังหุงสุกเมื่อเทียบกับขนาดเดิม และมีกลิ่นหอมคุณภาพของเมล็ดและคุณภาพใกล้เคียงกับข้าวหอมที่มีชื่อเสียงพันธุ์ต่าง ๆ ของโลก ได้แก่ บาสมาทิของอินเดียและปากีสถาน และข้าวหอมมะลิของไทย ซึ่งข้าวบาสมาทิเป็นข้าวที่มีเมล็ดเรียวยาว กลิ่นหอมมาก หุงขึ้นหม้อ มีลักษณะร่วนไม่เหนียวติดกัน และเป็นข้าวที่ส่งออกหลักของประเทศอินเดียและปากีสถาน ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นข้าวนาสวน ชนิดข้าวเจ้า ไม่ไวต่อช่วงแสง คุณภาพการหุงต้มนุ่ม เหนียวคล้ายข้าวหอมมะลิ ปริมาณอมิโลส 16-17 % มีกลิ่นหอมอ่อนมีลักษณะเมล็ดข้าวสุกจะมีลักษณะที่สั้นกว่าข้าวบาสมาทิแต่ยาวกว่าพันธุ์ Paw hsan hmwe ดังนั้นการทดสอบความสามารถในการยืดตัวของเมล็ดภายหลังการหุงสุกของทั้งสามพันธุ์และสายพันธุ์ลูกในประชากรที่มีการกระจายตัวเพื่อให้ทราบถึงลักษณะการถ่ายทอดพันธุกรรมและลักษณะการแสดงออกรวมถึงการคัดเลือกสายพันธุ์จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาพันธุ์ข้าวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ข้าวที่ใช้ทดสอบ จำนวน 3 พันธุ์ ประกอบด้วยคู่ผสมที่ 1 ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1), พันธุ์ Paw hsan hmwe (PSM) และเมล็ดสายพันธุ์ข้าวลูกชั่วที่ 3 (F_3) และคู่ผสมที่ 2 ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1), พันธุ์บาสมาทิ 370 (Basmati370) และเมล็ดสายพันธุ์ข้าวลูกชั่วที่ 2 (F_2)

นำเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1) พันธุ์บาสมาทิ 370 (Basmati370) พันธุ์ปอชานมุย (PSM) จำนวนพันธุ์ละ 50 เมล็ด และเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 2 (F_2) จำนวนคู่ผสมละ 200 เมล็ด ใส่ถุงเพาะ จากนั้นเติมน้ำอัตราส่วน 2 เท่าของเมล็ดเพื่อแช่เมล็ดข้าวเป็นเวลา 1 คืน และบ่มที่อุณหภูมิห้องไว้อีก 1 คืน เพื่อกระตุ้นให้เมล็ดข้าวงอกเมื่อครบตามเวลานำเมล็ดข้าวที่เพาะไว้ มาปลูกลงกระถางที่ได้เตรียมดินไว้แล้ว แต่ละกระบะจะปลูกพ่อแม่พันธุ์เพื่อเปรียบเทียบ ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในการทดลองนี้จะเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวทั้งหมด 3 ครั้ง เนื่องจากข้าวในลูกประชากรชั่วที่ 2 (F_2) ที่นำมาปลูกมีการสุกแก่ทางสรีรวิทยาไม่พร้อมกัน โดยวิธีการเก็บเกี่ยว คือ ใช้กรรไกรตัดตรงที่สุกแก่แล้วใส่ลงในถุงกระดาษที่เตรียมไว้ โดยใช้ถุงกระดาษ 1 ถุง ต่อ 1 ต้น นำเมล็ดข้าวทั้งหมดที่เก็บมาได้ไปลดความชื้นในเครื่องอบ ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำเมล็ดที่แกะเปลือกหุ้มเมล็ด (hull) และ ชูดเปลือกหุ้มผล (pericarp) เรียบร้อยแล้วมาวัดความยาวเมล็ดก่อนที่จะนำไปต้ม โดยใช้ Vernier caliper เป็นอุปกรณ์วัดพื้นฐานใช้ในการวัดระยะห่างของด้านที่อยู่ตรงข้ามกัน วัดได้ทั้งวัดที่เป็นทรงกระบอกและทรงตรง โดยหาค่าได้ทั้ง ความหนาบาง ความลึก ความกว้างภายนอก และยังสามารถใช้วัดขนาดความกว้างภายในของวัดเพื่อหาความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางได้ การวัดค่าของเวอร์เนียทำให้ได้ค่าที่ละเอียดออกมาเป็นมิลลิเมตร (มม.) โดยค่าที่เหมาะสมในการวัดมีขนาดตั้งแต่ 0.50 มม. ซึ่งด้วยการที่เวอร์เนียสามารถวัดค่าออกมาเป็นมิลลิเมตรได้ศนิยมถึง 2 ตำแหน่ง ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดโดยเวอร์เนียมีค่าเพียง 0.05 มม. เท่านั้น การทดลองนี้จึงใช้อุปกรณ์นี้ในการวัดความยาวของเมล็ดข้าว และบันทึกความยาวของเมล็ดก่อนต้ม โดยนำเมล็ดแต่ละเบอร์ที่ได้มาใส่ลงในหลอดทดลอง โดย 1 หลอดทดลอง ต่อ เมล็ดข้าว 1 ต้น นำหลอดทดลองมาเรียงใส่ตะแกรงแล้วเขียนเบอร์ไว้ และใส่น้ำลงในหลอดทดลอง แช่ข้าวไว้เป็นเวลา 30 นาที เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการต้ม จากนั้นนำข้าว

ลงไปต้มใน Weter bath ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบตามเวลานำเมล็ดข้าวออกมาวัดความยาวหลังต้มสุก แล้วบันทึกผล

คำนวณหาค่าหาค่าอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก

ใช้สูตร Elongation ratio ตามวิธีของ Juliano and Perez (1984)

$$\text{Elongation ratio} = \text{mean length of cooked grain} / \text{mean length of raw grain} \quad (1)$$

นำข้อมูลที่บันทึกผลได้ไปจัดกลุ่มและแสดงในรูปแบบกราฟการกระจายตัว (histogram) กราฟแท่งที่แสดงความผันแปร ของข้อมูล ด้วยการเรียงลำดับความถี่ตามปริมาณที่เกิดขึ้น และจัดกลุ่ม ข้อมูลเข้าด้วยกันเพื่อให้เห็นช่วงของข้อมูลที่ชัดเจน โดยแกนนอน (x) แสดงประเภทของข้อมูลที่ต้องการแสดง และแกนตั้ง (y) แสดงตัวเลข เป็นความถี่ จะช่วยให้เข้าใจถึงภาพรวมการแจกแจงข้อมูลว่ามีลักษณะอย่างไร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คู่ผสมที่ 1 ได้แก่ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1), ข้าวพันธุ์ Paw hsan hmwe (PSM) และเมล็ดสายพันธุ์ข้าวลูกข้าวที่ 3 (F₃) จากการตรวจสอบความยาวเฉลี่ยของเมล็ดข้าวก่อนต้มจากการตรวจสอบความยาวเฉลี่ยของเมล็ดข้าวก่อนต้มพบว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีความเฉลี่ยอยู่ 6.7 มม. ซึ่งถูกจัดเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 (long) (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559) ทั้งนี้จากข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์นี้พบว่าความยาวของเมล็ดข้าวกล้อง 7.6 มม. และข้าวพันธุ์ Paw hsan hmwe มีความเฉลี่ยอยู่ที่ 5.34 มม. ซึ่งถูกจัดเป็นข้าวเมล็ดสั้น (short) ทั้งนี้จากข้อมูลการวัดความยาวข้าวกล้องของข้าวพันธุ์นี้จากหลาย ๆ accession พบว่ามีความยาวเฉลี่ย 5.5 มม. (Oo et al., 2015) ในส่วนของเมล็ดสายพันธุ์ลูกข้าวที่ 3 (F₃) ของคู่ผสม ปทุมธานี 1 × Paw hsan hmwe พบว่ามีการกระจายตัวของความยาวเมล็ดข้าวก่อนต้ม ในช่วงที่พบมากที่สุด อยู่ระหว่างช่วงความยาวที่ 5.6–5.8 มม. ซึ่งในเมล็ดสายพันธุ์ลูกข้าวที่ 3 ที่มีค่าเฉลี่ยความยาวเมล็ดก่อนต้มใกล้เคียงพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งเป็นพันธุ์แม่ มีทั้งหมด 4 สายพันธุ์ โดยอยู่ในช่วง 6.6–6.8 มม. และมีสายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยความยาวเมล็ดก่อนต้มใกล้เคียงพันธุ์ Paw hsan hmwe ซึ่งเป็นพันธุ์พ่อ มีทั้งหมด 9 สายพันธุ์โดยอยู่ในช่วง 5.2–5.4 มม. (Fig. 1) เมื่อนำเมล็ดข้าวที่ได้มาต้มในหลอดทดลอง พบว่าเมล็ดข้าวสุกในเมล็ดสายพันธุ์ลูกข้าวที่ 3 มีความยาวเพิ่มมากขึ้น โดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.8–11.32 มม. ในข้าวปทุมธานี 1 มีความยาวเฉลี่ยหลังสุกอยู่ที่ 9.15 มม. และข้าว Paw hsan hmwe มีความยาวเฉลี่ยหลังสุกอยู่ที่ 8.26 มม. ซึ่งในเมล็ดสายพันธุ์ลูกข้าวที่ 3 ที่มีค่าเฉลี่ยความยาวเมล็ดหลังสุกใกล้เคียงพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งเป็นพันธุ์แม่ มีทั้งหมด 36 สายพันธุ์ โดยอยู่ในช่วง 8.8–9.3 มม. และมีสายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยความยาวเมล็ดหลังสุกใกล้เคียงพันธุ์ Paw hsan hmwe ซึ่งเป็นพันธุ์พ่อ มีทั้งหมด 13 สายพันธุ์โดยอยู่ในช่วง 7.8–8.3 มม. (Fig. 2)

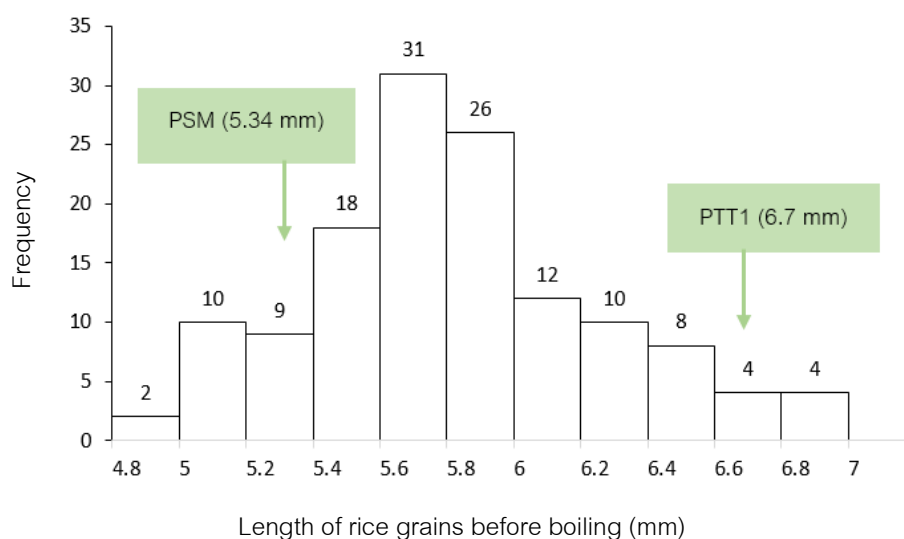


Fig. 1 Length of raw grain of F₃ seeds derived from crosses between Pathumthani 1 and Paw hsan hmwe

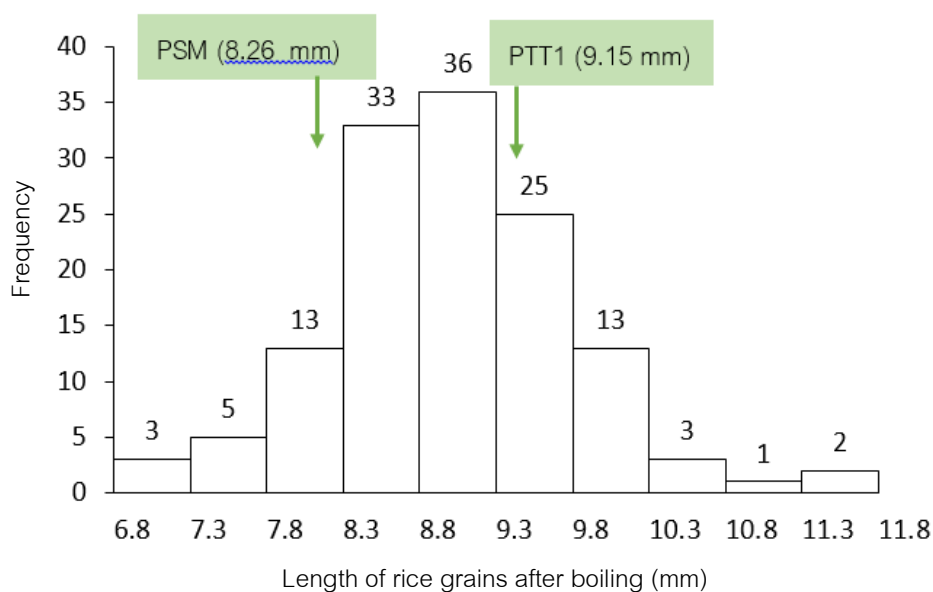


Fig. 2 Length of cooked grain of F₃ seeds derived from crosses between Pathumthani 1 and Paw hsan hmwe

คุณสมบัติที่ 2 ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1), พันธุ์ปทุมธานี 370 (Basmati370) และเมล็ดสายพันธุ์ข้าวลูกข้าวที่ 3 (F₃) จากการตรวจสอบความยาวของเมล็ดข้าวก่อนต้ม พบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีความยาวเมล็ดข้าวเฉลี่ยอยู่ที่ 7.59 มม. ข้าวพันธุ์ Basmati 370 มีความยาวเมล็ดข้าวเฉลี่ยอยู่ที่ 7.86 มม. ในเมล็ดสายพันธุ์ลูกข้าวที่ 3 มีการกระจายความยาวเมล็ดข้าวก่อนต้มในทุกช่วง ในช่วงที่พบมากที่สุด อยู่ระหว่างช่วงความยาวที่ 7-7.2 มม. (Fig. 3) เมื่อนำเมล็ดข้าวที่ได้

นำมาต้มในหลอดทดลอง พบว่าเมล็ดข้าวสุกของเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 มีความยาวมากขึ้น โดยเฉลี่ยอยู่ที่ระหว่าง 12.1–12.7 มม. ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีความยาวเฉลี่ยอยู่ที่ 10.71 และข้าวพันธุ์ Basmati 370 เฉลี่ยอยู่ที่ 13.42 (Fig. 4)

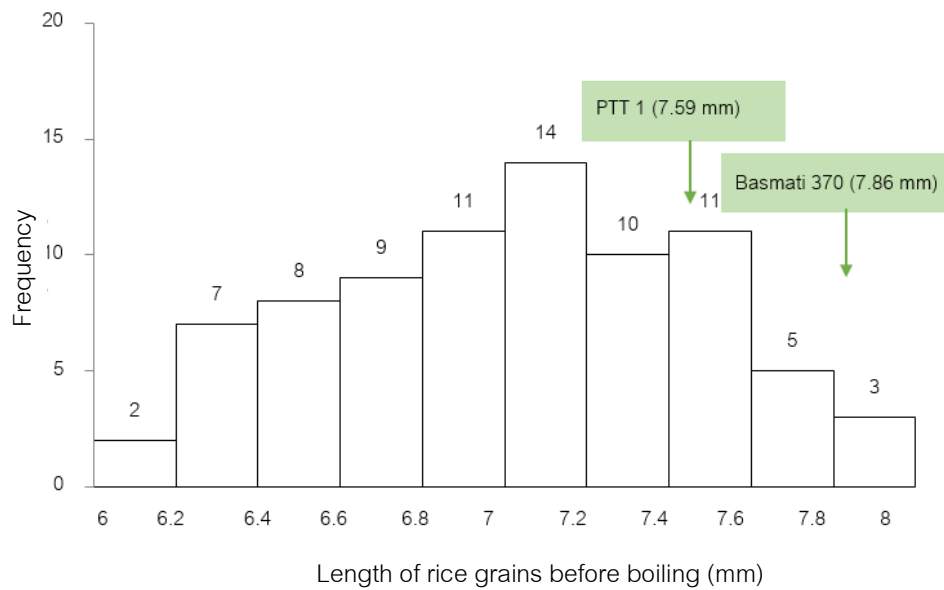


Fig. 3 Length of raw grain of F₃ seeds derived from crosses between Pathumthani 1 and Basmati 370

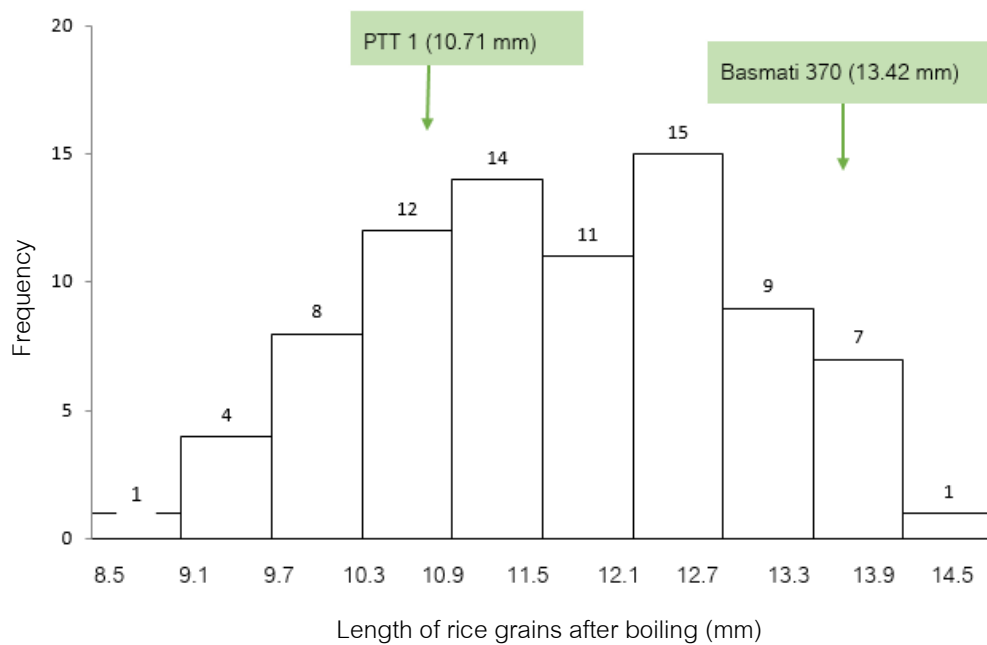


Fig. 4 Length of cooked grain of F₃ seeds derived from crosses between Pathumthani 1 and Basmati 370

อัตราการยืตัวของเมล็ดข้าว

คู่ผสมที่ 1 ได้แก่ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1), ข้าวพันธุ์ Paw hsan hmwe (PSM) และเมล็ดสายพันธุ์ข้าวลูกชั่วที่ 3 (F_3) จากการตรวจสอบอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกเฉลี่ย 1.37 และข้าวพันธุ์ Paw hsan hmwe มีอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกเฉลี่ย 1.55 พบว่ามีช่วงของการกระจายตัวในเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 มีการกระจายตัวลักษณะต่อเนื่อง (normal distribution) โดยข้อมูลไม่สามารถจัดกลุ่มได้อย่างชัดเจน ซึ่งข้อมูลเป็นลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกที่มีพันธุกรรมมาจากข้าวพันธุ์ Basmati 370 (ชัยวัฒน์ และคณะ 2559) โดยประชากรส่วนใหญ่มีการกระจายตัวอยู่ในช่วงของพันธุ์พ่อแม่ ในขณะที่อัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกของพันธุ์พ่อแม่ คือ 1.37 และ 1.55 ช่วงของอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกในเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 คือ 1.03–1.95 โดยช่วงที่พบมากที่สุด คือ 1.4–1.6 ซึ่งในเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 ที่มีค่าอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกใกล้เคียงพันธุ์แม่ มีทั้งหมด 12 สายพันธุ์ โดยอยู่ในช่วง 1.2–1.4 และมีสายพันธุ์ที่มีค่าอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกใกล้เคียงพันธุ์พ่อ มีทั้งหมด 73 สายพันธุ์ โดยอยู่ในช่วง 1.4–1.6 ซึ่งช่วงที่พบมากที่สุด (Fig. 5) สอดคล้องกับการทดลองของ Thi et al. (2020) ที่ได้ทดสอบอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกในสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 ของคู่ผสม Guang 8B x Paw San Hmwe พบสายพันธุ์ที่มีค่าอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกสูงสุด 1.17 แต่ประชากรที่ได้ทดสอบนั้นมีการกระจายตัวแบบ unimodal distribution แต่ได้สรุปว่าลักษณะอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกนั้นเป็นลักษณะทางปริมาณที่ควบคุมด้วยหลายยีน (quantitative trait controlled by multiple genes)

คู่ผสมที่ 2 ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1), พันธุ์บาสมาติ 370 (Basmati 370) และเมล็ดสายพันธุ์ข้าวลูกชั่วที่ 3 (F_3) จากการตรวจสอบอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งมีอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกเฉลี่ย 1.41 และข้าวพันธุ์ Basmati 370 มีอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกเฉลี่ยคือ 1.71 พบว่ามีช่วงของการกระจายตัวในเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 มีการกระจายตัวลักษณะต่อเนื่อง โดยประชากรส่วนใหญ่มีการกระจายตัวอยู่ในช่วงของพ่อแม่ และแม่ ในขณะที่อัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกของพ่อแม่คือ 1.41 และ 1.71 ช่วงของอัตราการยืตัวของเมล็ดข้าวสุกในเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 คือ 1.3–1.9 (Fig. 6)

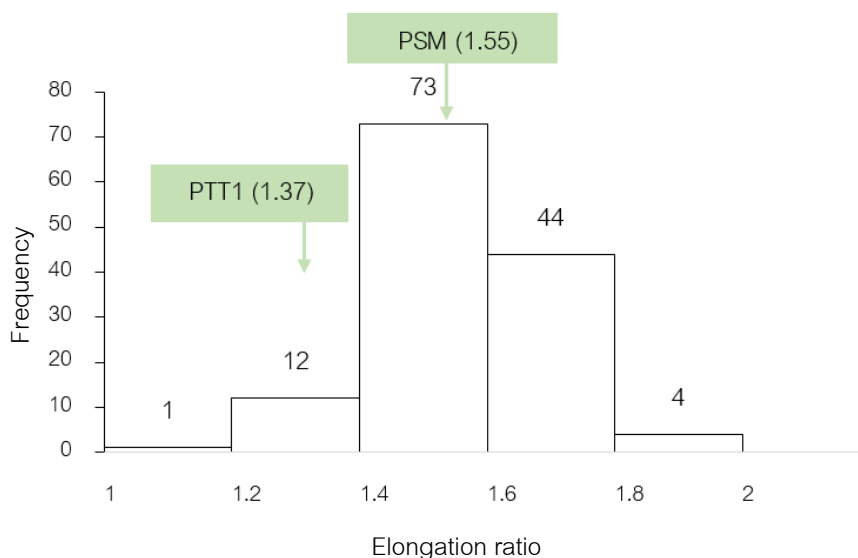


Fig. 5 Elongation ratio of F_3 seeds derived from crosses between Pathumthani 1 and Paw hsan hmwe

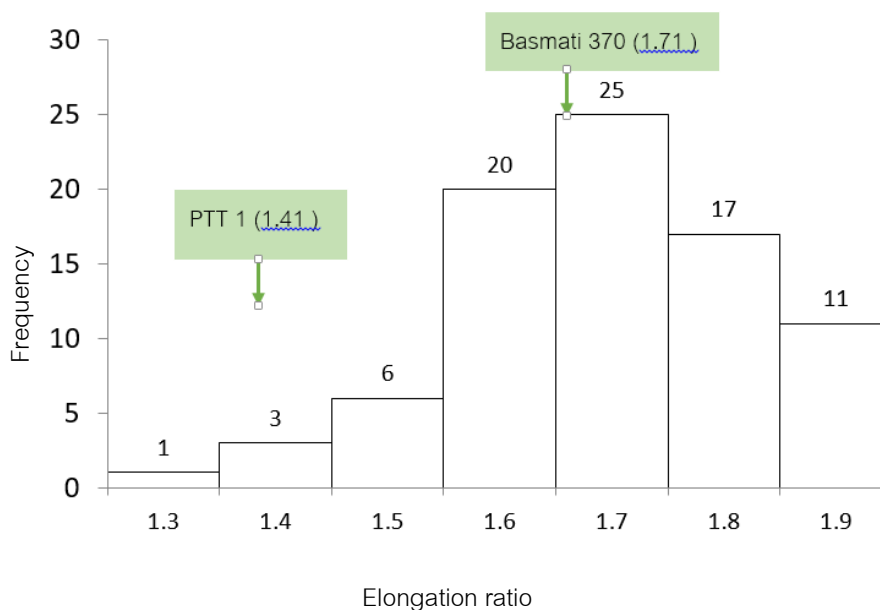


Fig. 6 Elongation ration of F_3 seeds derived from crosses between Pathumthani 1 and Basmati 370

สรุป

เมล็ดข้าวก่อนต้มของสายพันธุ์ลูกชั่วที่ 3 ของคู่ผสม ปทุมธานี 1×Paw hsan hmwe และ ปทุมธานี 1 x Basmati370 มีความยาวเฉลี่ยตั้งแต่ 4.86–6.97 มิลลิเมตร และ 6.06–8.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในส่วนของเมล็ดข้าวหลังต้มนั้นมีความยาวเฉลี่ยตั้งแต่ 6.88–11.32 มิลลิเมตร และ 8.91–13.99 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกพบว่าทั้งสองคู่ผสมมีการกระจายตัวอย่างต่อเนื่อง (normal distribution) ตั้งแต่ 1.48–1.61 และ 1.39–1.89 ตามลำดับ ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้จะได้คัดเลือกและใช้ในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2559. องค์ความรู้เรื่องข้าว. <https://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=6-2.htm> , 22 มกราคม 2565

ชัยวัฒน์ นันทโชติ, ภรณีภา โพธิ์ศิริ, ธาณี ศรีวงศ์ชัย, ประภา ศรีพิจิตต์. 2559. การตรวจสอบอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกในประชากรชั่วที่ 2 ของคู่ผสมข้าวบาสมати 370 และ ปทุมธานี 1. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54 สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 299–305

Juliano, B.O., C.M. Perez, 1984. Result of a collaborative test on the measurement of grain elongation of milled rice during cooking. *J.Cereal Sci.* 2: 281–292. doi.org/10.1016/S0733-5210(84)80016-8

Khush, G.S., Paule, C.M., Dela-Cruz, N.M. 1979. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI. In: Proceedings of Workshop in Chemical Aspects of Rice Grain Quality, Philippines, pp. 22

Oo K.S., Kongjaimun A., Khanthong S., Yi M., Myint T.T., Korinsak S., Siangliw J.L., Myint K.M., Vanavichit A., Malumpong C., Toojinda T. 2015. Characterization of Myanmar Paw San Hmwe Accessions Using Functional Genetic Markers. *Rice Science* 22: 53–64. doi.org/10.1016/j.rsci.2015.05.004

Sood, G.B., Siddiq, E.A., Zaman, U.F. 1983. Genetic analysis of kernel elongation in rice. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 43: 40-43.

Thi K.M, Zheng Y., Khine E.E., et al. 2020. Mapping of QTLs conferring high grain length-breadth relative expansion during cooking in rice cultivar Paw San Hmwe. *Breed Sci.* 70: 551–557.
doi.org/10.1270/jsbbs.20040

ผลของการใช้อัตราประชากรสูงต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพด 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในพื้นที่อาศัยน้ำฝน จังหวัดเพชรบูรณ์

Effect of high population density on yield of 5 corn hybrids in the rainfed area of Phetchabun province

พรรณญาภา ฉายศรีสุริยศ^{a,*}, สกล ฉายศรี^a, กิ่งกานท์ พานิชนอก^b

Punyada Chaisriurisyos^{a,*}, Sakol Chaisri^a, Kingkan Panitnok^b

^aสถานีวิจัยลพบุรี, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลพบุรี 15520

^bสถานีวิจัยเขานินซอน, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฉะเชิงเทรา 24160

^aLop Buri Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Lop Buri 15520, Thailand

^bKhao Hin Som Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chachengshao 24160, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: rdipnc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การปลูกพืชโดยใช้อัตราประชากร (Population density) ต่อพื้นที่สูง เป็นวิธีการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่วิธีหนึ่งของเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดในปัจจุบัน ได้ประเมินการให้ผลผลิตของข้าวโพด 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในพื้นที่อาศัยน้ำฝนเมื่อใช้อัตราประชากรต่ำ (low population density: LPD) และอัตราประชากรสูง (high population density: HPD) ใช้แผนการทดลองแบบ split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ดำเนินการทดลองประกอบด้วย 2 Main-plots ได้แก่ อัตราประชากรต่ำ (LPD: 8,533 ต้น/ไร่: ระยะระหว่างแถว 75 ซม. และระยะระหว่างต้น 25 ซม.) และอัตราประชากรสูง (HPD: 17,033 ต้น/ไร่: ระยะระหว่างแถว 75 ซม. และระยะระหว่างต้น 12.5 ซม.) มี 5 Sub-plots คือ ข้าวโพดลูกผสมพันธุ์สุวรรณ 4452 (SW4452) พันธุ์นครสวรรค์ 3 (NS3) สายพันธุ์ KSX5720 สายพันธุ์ TSF12661 และสายพันธุ์ IRF21157 ทดลองในช่วงปลายฤดูฝน (28 ก.ค.–13 พ.ย. 2565) ที่แปลงของเกษตรกร ต. ภูน้ำหยด อ. วิเชียรบุรี จ. เพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีเขตติดต่อกับจังหวัดลพบุรี และนครสวรรค์ เกษตรกรทั้งสามจังหวัดปลูกข้าวโพดเป็นพืชหลัก ผลการทดลอง พบว่า สายพันธุ์ KSX5720 สายพันธุ์ TSF12661 และ IRF21157 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูงทั้งการใช้อัตราประชากรสูง และอัตราประชากรต่ำ ทั้งสามสายพันธุ์จึงเหมาะสมสำหรับพื้นที่ปลูกของเกษตรกรที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว การใช้ HPD ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ไม่แตกต่างกันทางสถิติสำหรับอัตราประชากรที่เหมาะสม ที่ให้ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง จำเป็นต้องศึกษาและทดลองต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวโพด, ความหนาแน่นของประชากร, ระยะปลูก

Abstract

At present, using high population density for maize cultivation is a popular method of increasing yield per area by farmers. Therefore grain yield (GY) of five corn hybrid lines/varieties was evaluated in the rainfed area under low population density (LPD) and high population density (HPD). A split plot in RCBD was used with 4 replications. There were 2 main plots: low population density (LPD: 8,533 plants/rai: 75 x 25 cm spacing) and high population density (HPD: 17,033 plants/rai: 75 x 12.5 cm spacing) and 5 sub plots: SW4452, NS3, KSX5720, TSF12661 and IRF21157. The experiment was carried out in the late rainy season 2022 (28 Sep-13 Nov) in farmer's field, Wichian Buri District, Phetchabun Province which has an area adjacent to Lop Buri and Nakhon Sawan Province that corn is the main crop. The results showed that KSX5720 TSF12661 and IRF21157 gave the highest GY. Three hybrid lines, KSX5720 TSF12661 and IRF21157 gave high grain yield in both population densities. It is therefore suitable for farmers' growing areas that rely solely on rainwater. GY of corn under HPD and LPD were not statistically different (806 and 626 kg/rai, respectively). The appropriate population for high return per area need to be further studied.

Keywords: Corn, Population density, Planting rate

คำนำ

การปลูกข้าวโพดโดยใช้อัตราประชากรต่อพื้นที่สูง (high population density) เป็นวิธีหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ของข้าวโพดลูกผสม แต่การใช้อัตราประชากรที่สูงเกินความเหมาะสม ส่งผลให้ข้าวโพดเกิดภาวะขาดน้ำ โดยเฉพาะในช่วงการพัฒนารูปร่างของฝัก (ear differentiation) ทำให้การเจริญเติบโตของฝักลดลง ขนาดของเมล็ดลดลง จำนวนเมล็ดต่อฝักลดลง (Luis, 2001) ส่งผลให้ศักยภาพของการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ลดลง อย่างไรก็ตาม ฤดูกาล และสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ มีผลต่อการเลือกใช้อัตราประชากรที่เหมาะสม เพื่อยกระดับผลผลิตของข้าวโพดด้วยเช่นกัน การเลือกอัตราประชากรเพื่อเพิ่มผลผลิต และเพื่อเพิ่มผลตอบแทนต่อพื้นที่ ต้องพิจารณาความพร้อมของน้ำ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ช่วงวันปลูก และระยะห่างระหว่างแถว (Djaman และคณะ, 2022) สำหรับเกษตรกรในประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดทั้งหมดประมาณ 7 ล้านไร่ ร้อยละ 95 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดทั่วประเทศ เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน โดยปลูกต้นฤดูฝนร้อยละ 92.5 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด ในจังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ และลพบุรี มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดรวมกันประมาณ 1.6 ล้านไร่ เป็นพื้นที่อาศัยน้ำฝนร้อยละ 81 ผลผลิตต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝนเฉลี่ย 716–773 และ 796–800 กก. ต่อไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจแห่งชาติ, 2564) เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวในฤดูเพาะปลูกของปี 2564c2565 ในพื้นที่ของ อ. วิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ จะเริ่มปลูกในช่วงปลายเดือนมีนาคมเป็นต้นไป จนถึงเดือนกรกฎาคม การเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงอยู่ในช่วงตั้งแต่เดือน กรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม โดยใช้อัตราปลูก 10,666 ต้นต่อไร่ การปลูกข้าวโพดของเกษตรกรมักพบปัญหาฝนตกชุก น้ำขังในแปลง และการหักล้มในช่วงเก็บเกี่ยว เนื่องจากลมพายุของฤดูฝน ในขณะที่การปลูกข้าวโพดปลายฤดูฝนมีความเสี่ยงจากการขาดน้ำในกรณีที่ฝนหยุดตกเร็วหรือฝนทิ้งช่วง และมักจะทำให้การจัดการเตรียมดินยุ่งยาก และเกิดความล่าช้า หากเกษตรกรมีความสามารถแก้ไขปัญหา และจัดการเตรียมดินสำหรับเพาะปลูกได้ และจัดการวันปลูก เพื่อให้ได้รับน้ำฝนอย่างเพียงพอ การปลูกข้าวโพดปลายฤดูฝน จึงมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกต้นฤดูฝน (พรรณญาฎา, 2565) และได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ปราศจากสารอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) (วิไลวรรณ, 2533) ดังนั้น การศึกษาการใช้อัตราประชากรสูงต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดในพื้นที่อาศัยน้ำฝนจะช่วยยกระดับคุณภาพ และผลผลิตข้าวโพด และสามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปปรับใช้ให้เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพด ทั้งต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝน ทั้งเขตพื้นที่อาศัยน้ำฝน และเขตชลประทานได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองปลายฤดูฝน (28 ก.ค.–13 พ.ย. 2565) วางแผนการทดลองแบบ split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ดำเนินการทดลองประกอบด้วย 2 Main-plot ได้แก่ อัตราประชากรต่ำ (low population density; 8,533 ต้นต่อไร่) และอัตราประชากรสูง (high population density; 17,033 ต้นต่อไร่) และ 5 Sub-plots คือ ข้าวโพดลูกผสมของกรมวิชาการเกษตร จำนวน 2 พันธุ์/สายพันธุ์ (พันธุ์สุวรรณ 4452; SW4452 และสายพันธุ์ KSX5720) ข้าวโพดลูกผสมของกรมวิชาการเกษตร (พันธุ์นครสวรรค์ 3; NS3) และ สายพันธุ์ลูกผสมของบริษัทซีทีจำนวน 2 สายพันธุ์ (TSF12661 และ IRF21157)

หน่วยการทดลอง (plot) มี 4 แถว แถวยาว 3 เมตร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 0.75 ม. อัตราประชากรสูง ใช้ระยะปลูก ระหว่างต้น 0.125 ม. อัตราประชากรต่ำ ใช้ระยะปลูก 0.25 ม. ใส่ปุ๋ย 46-0-0 2 ครั้ง คือ เมื่ออายุ 1 เดือน และ 50 วัน ครั้งละ 25 กก./ไร่ โดยโรยเป็นแถวตรงโคนต้นและพูนโคนกลบปุ๋ย

การบันทึกข้อมูล

เก็บข้อมูล ความสูงที่อายุ 45 วัน และที่อายุเก็บเกี่ยว โดยสุ่มต้นตัวอย่างจำนวน 6 ต้น จาก 2 แถวกลาง วัดจากโคนต้นถึงข้อใบสุดท้าย ผลผลิตต่อไร่ คำนวณผลผลิตจาก 2 แถวกลางของแปลงย่อย (plot) จำนวนฝักต่อต้น คำนวณจาก

จำนวนต้น และจำนวนฝักที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อย สุ่มเมล็ดจากแปลงย่อยจำนวน 300 เมล็ด เพื่อคำนวณน้ำหนัก 100 เมล็ดที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี analysis of variance วัดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีโดยใช้ Least significant difference (LSD)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลผลิต (grain yield) และองค์ประกอบผลผลิต (yield components)

ผลผลิต (grain yield; GY) ของข้าวโพดภายใต้อัตราประชากรสูง (HPD:17,033 ต้นต่อไร่) ให้ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยสูงกว่าอัตราประชากรต่ำ (LPD: 8,533 ต้นต่อไร่) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวโพดสายพันธุ์ KSX5720 TSF1261 และ IRF21157 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 (NS3) และสุวรรณ 4452 (SW4452) คือ 887 787 734 636 และ 633 กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อปลูกโดยใช้อัตราประชากรต่ำ พบว่า ข้าวโพดสายพันธุ์ KSX5720 ให้ผลผลิตสูงสุด (804 กก./ไร่) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์/สายพันธุ์ TSF12661 IRF21157 และ NS3 (646 617 และ 576 กก./ไร่ ตามลำดับ) ส่วนการใช้อัตราประชากรสูง พบว่า สายพันธุ์ KSX5720 TSF12661 IRF21157 และ SW4452 ให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อไร่สูงกว่า NS3 คือ (970 929 851 781 และ 695 กก./ไร่ ตามลำดับ)

อย่างไรก็ตาม ไม่พบปฏิสัมพันธ์ของอัตราประชากรกับพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวโพดทั้ง 5 พันธุ์ หมายความว่า ข้าวโพดทั้ง 5 พันธุ์ เมื่อปลูกโดยใช้อัตราประชากรสูง มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้อัตราประชากรต่ำ (Table 1) ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้อัตราประชากรสูงให้ค่าเฉลี่ยจำนวนฝักต่อไร่ (ear number/rai; 12,925 ฝัก) มากกว่าการปลูกโดยใช้อัตราประชากรต่ำ (6,613 ฝักต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) ในขณะที่อัตราประชากรสูงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความสูงต้นวันเก็บเกี่ยว (plant height at harvest day) มีค่ามากกว่าการใช้อัตราประชากรต่ำ (168 และ 156 เซนติเมตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (Table 4)

สำหรับลักษณะของผลผลิตต่อต้น (yield/plant) พบว่า ภายใต้อัตราประชากรสูง ให้ผลผลิตต่อต้นเฉลี่ยต่ำกว่าอัตราประชากรต่ำ (80 และ 129 กรัม/ต้น ตามลำดับ) แม้จะให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นต่ำ (Table 1) แต่ผลผลิตต่อพื้นที่สามารถชดเชยได้เป็นอย่างดีจากจำนวนฝักต่อพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น การใช้อัตราประชากรสูงจึงส่งผลให้ได้ผลผลิตต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้อัตราประชากรที่หนาแน่นเกินไป ส่งผลต่อศักยภาพการให้ผลผลิตต่อพื้นที่ของพืชลดลง โดยเฉพาะพื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว เมื่อความชื้นในดินมีไม่เพียงพอจึงลดศักยภาพของพืชที่จะนำธาตุอาหารในดินไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต สร้างฝัก และเมล็ด โดยเฉพาะในช่วงที่พืชอยู่ในช่วงพัฒนาฝัก (ear differentiation) (Luis, 2001)

ในกรณีนี้การปรับลดอัตราประชากรจาก 17,033 ต้นต่อไร่ลง ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม จะช่วยให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อต้นเพิ่มขึ้นและเป็นการยกระดับของผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงที่สุดหากทราบอัตราปลูกที่เหมาะสม ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ ใช้อัตราประชากรต่อพื้นที่สูงถึง 17,033 ต้นต่อไร่ และเป็นพื้นที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อต้นต่ำ เพียง 80 กรัมต่อต้น หากลดอัตราความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ให้ต่ำกว่า 17,033 ต้นต่อไร่ แต่อัตราปลูกยังคงอยู่ในช่วง 8,533-17,033 ต้นต่อไร่ ซึ่งจะส่งผลให้ข้าวโพดแต่ละต้นมีศักยภาพในการสร้างผลผลิตได้ดีและส่งผลให้ผลผลิตต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น จากการทดลองของ Nielsen และคณะ (2022) พบว่าข้าวโพดให้ผลผลิต

ต่อพื้นที่สูงที่สุดเมื่อใช้อัตราประชากร 12,648 ต้นต่อไร่ และการใช้อัตราประชากร 10,770 ต้นต่อไร่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจต่อไร่สูงที่สุด ในขณะที่ Djaman และคณะ (2022) พบว่า อัตราประชากร 14,080 ต้นต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงที่สุด ส่วน Luis (2001) พบว่า อัตราปลูกที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีที่สุด คือ 4,800–14,400 ต้นต่อไร่ ในขณะที่สามัคคี และคณะ (2564) รายงานว่า การปลูกข้าวโพดลูกผสมพันธุ์ NS3 ภายใต้อัตราประชากร 15,238 ต้นต่อไร่ ในแปลงทดลองที่มีการจัดการน้ำ และปุ๋ย อย่างเต็มประสิทธิภาพ ให้ผลผลิตเฉลี่ยถึง 1,703 กิโลกรัมต่อไร่

Table 1 Influence of 2 population densities (P) and 5 corn hybrids (H) on yield/rai (kg) and yield/plant (g) when planted in late rainy season 2022 in Wichian Buri District, Phetchabun Province

Factor	Yield/rai (kg)			Yield/plant (g)		
	LPD	HPD	mean	LPD	HPD	mean
SW4452	485.65 ^{b/1}	780.45 ^{ab}	633.05 ^b	106.75 ^b	70.00 ^b	88.38 ^b
KSX5720	804.08 ^a	970.30 ^a	887.19 ^a	131.75 ^{ab}	80.25 ^a	106.00 ^{ab}
TSF12661	645.48 ^{ab}	928.53 ^{ab}	787.00 ^{ab}	153.25 ^a	86.75 ^a	120.0 ^a
IRF21157	617.40 ^{ab}	850.80 ^{ab}	734.10 ^{ab}	138.25 ^{ab}	92.25 ^a	115.25 ^a
NS3	575.80 ^{ab}	695.10 ^b	635.45 ^b	114.75 ^b	69.00 ^b	91.88 ^b
mean	625.68	805.80		128.95 ^a	79.65 ^b	
F-test P	ns			*		
H	*			*		
PxH	ns			ns		
LSD _(0.05) P	237.4			71.91		
H	167.9			22.01		
PxH	220.4			31.13		
CV(%) P	12.00			12.21		
H	22.10			20.45		

1/ Means in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$

by Fisher's LSD.

ns = not significant at $P < 0.05$

* = $P < 0.05$

Table 2 Influence of 2 population densities (P) and 5 corn hybrids (H) on ear number/plant and ear number/rai when planted in late rainy season 2022 in Wichian Buri District, Phetchabun Province.

Factor	Ear number/plant			Ear number/rai		
	LPD	HPD	mean	LPD	HPD	mean
SW4452	0.945 ^{bc}	0.813 ^b	0.879 ^b	5,689 ^b	12,009	8,889 ^b
KSX5720	1.520 ^a	0.885 ^{ab}	1.203 ^a	8,711 ^a	14489	11,600 ^a
TSF12661	0.765 ^c	0.908 ^a	0.837 ^b	5,689 ^b	13245	9,467 ^b
IRF21157	1.163 ^b	0.913 ^a	1.038 ^a	5,866 ^{ab}	11,555	8,711 ^b
NS3	1.085 ^b	0.952 ^a	1.019 ^a	7,111 ^{ab}	13,244	10,178 ^{ab}
mean	1.096	0.894		6,613 ^b	12,925 ^a	
F-test P	ns		ns			
H	**		*			
PxH	**		ns			
LSD _(0.05) P	0.294		1,946			
H	0.091		4,462			
PxH	0.274		2,752			
CV(%) P	12.21					
H	20.45		19.3			

1/ Means in the same column followed by the same letter(s) are not significant different at

$P < 0.05$ by Fisher's LSD.

ns = not significant at $P < 0.05$

*and ** = $P < 0.05$, $P < 0.01$, respectively

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของผลผลิตจำนวนฝักต่อต้น (ear/plant) น้ำหนัก 100 เมล็ด (hundred seed weight) และ เปอร์เซ็นต์กะเพาะ (shelling percentage) (Table 3) รวมทั้งจำนวนใบ ต่อต้น (leave number) ที่อายุเก็บเกี่ยว (Table 5) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างการใช้อัตราประชากรต่ำ และ อัตราประชากรสูง รวมถึง เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด (germination percentage) และเปอร์เซ็นต์ต้นที่เก็บเกี่ยว (plant number at harvest day percentage) ซึ่งเป็นลักษณะที่จะส่งผลต่อจำนวนต้นที่มีชีวิตอยู่รอด จนสามารถให้ผลผลิตได้ในวันเก็บเกี่ยวจะเห็นได้ว่า ทั้งสองลักษณะมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยสูง หากใช้อัตราประชากรสูง ถึงแม้ว่า จะไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ โดย พบว่า อัตราประชากรสูง ให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความงอก 84% ในขณะที่ อัตราประชากรต่ำ ให้ค่าเฉลี่ย 77% รวมทั้ง ให้เปอร์เซ็นต์ต้นที่เก็บเกี่ยวเฉลี่ย 80 และ 71% เมื่ออยู่ภายใต้อัตราประชากรสูงและต่ำ ตามลำดับ (Table 5)

ในขณะที่ข้าวโพดลูกผสมทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ลักษณะองค์ประกอบของผลผลิต แตกต่างกัน คือ สายพันธุ์ KSX5720 และ IRF21157 ให้จำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ย สูงที่สุด 1.20 และ 1.04 ฝัก ตามลำดับ แต่ให้น้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 16.67 และ 16.83 กรัม ตามลำดับ ซึ่ง ต่ำกว่าพันธุ์ SW4450 โดย ให้น้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 19.83 กรัม (Table 3) ในขณะที่ พันธุ์ SW4450 ให้จำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 0.879 ฝัก (Table 2) แต่ให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงจะเห็น

ได้ว่าสายพันธุ์ KSX5720 และ IRF21157 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูงนั้น (851 และ 729 กก./ไร่ ตามลำดับ) มีองค์ประกอบผลผลิต ในลักษณะจำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้นสูง จึงส่งผลให้มีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูง แม้ว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 100 เมล็ดจะต่ำ ในขณะที่พันธุ์ SW4452 แม้ว่า จะให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 100 เมล็ดสูง แต่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนฝักต่อต้นต่ำ จึงส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ต่ำ

Table 3 Influence of 2 population densities (P) and 5 corn hybrids (H) on a hundred seed weight (g) and shelling percentage when planted in late rainy season 2022 in Wichian Buri District, Phetchabun Province.

Factor	Hundred seed weight (g)			Shelling (%)		
	LPD	HPD	mean	LPD	HPD	mean
SW4452	20.67 ^{bc}	19.00 ^a	19.83 ^a	81.63 ^b	83.1 ^{ab}	82.40 ^b
KSX5720	20.17 ^c	17.17 ^b	18.67 ^b	82.10 ^{ab}	82.83 ^{ab}	82.46 ^b
TSF12661	20.83 ^{ab}	16.83 ^b	18.83 ^b	84.88 ^a	85.85 ^a	85.36 ^a
IRF21157	20.50 ^{bc}	17.17 ^b	18.83 ^b	82.50 ^{ab}	82.25 ^b	82.38 ^b
NS3	21.33 ^a	17.00 ^b	19.17 ^{ab}	81.13 ^b	80.53 ^b	80.83 ^b
mean	20.70	17.43		82.45	82.93	
F-test P	ns			ns		
H	*			**		
PxH	ns			ns		
LSD _(0.05) P	4.760			0.72		
H	0.608			2.05		
PxH	0.678			2.90		
CV(%) P	6.0			1.9		
H	8.7			2.4		

1/ Means in the same column followed by the same letter(s) are not significant different at

$P < 0.05$ by Fisher's LSD.

ns = not significant at $P < 0.05$

*and ** = $P < 0.05$, $P < 0.01$, respectively

Table 4 Influence of 2 population densities (P) and 5 corn hybrids (H) on plant height at 45DAP and harvest day (cm) when planted in late rainy season 2022 in Wichian Buri District, Phetchabun Province.

Factor	Plant height at 45DAP (cm)			Plant height at harvest day (cm)		
	LPD	HPD	mean	LPD	HPD	mean
SW4452	68.13 ^{ab}	94.38 ^a	811.25 ^a	148.45 ^b	162.83 ^b	155.64 ^b
KSX5720	67.22 ^{ab}	96.58 ^a	81.90 ^a	165.03 ^a	178.78 ^a	171.9 ^a
TSF12661	89.10 ^a	75.03 ^{ab}	82.06 ^a	161.93 ^{ab}	161.03 ^b	161.48 ^b

Factor	Plant height at 45DAP (cm)			Plant height at harvest day (cm)		
	LPD	HPD	mean	LPD	HPD	mean
IRF21157	64.08 ^b	80.65 ^{ab}	72.36 ^{ab}	151.90 ^{ab}	169.10 ^{ab}	160.50 ^b
NS3	52.40 ^b	66.28 ^b	59.34 ^b	154.08 ^{ab}	168.15 ^{ab}	161.11 ^b
mean	68.18	82.58		156.28 ^b	167.98 ^a	
F-test P	ns			*		
H	*			*		
PxH	ns			ns		
LSD _(0.05) P	21.10			8.98		
H	15.05			9.50		
PxH	21.29			13.43		
CV(%)P	31.3			10.1		
H	19.4			6.8		

1/ Means in the same column followed by the same letter(s) are not significant different at

$P < 0.05$ by Fisher's LSD.

ns = not significant at $P < 0.05$

* = $P < 0.05$

สำหรับพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม 5 สายพันธุ์ พบว่า TSF12661 และ IRF21157 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นสูงที่สุด คือ 120 และ 115 กรัม/ต้น ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสายพันธุ์ KSX5720 (106 กรัม/ต้น) ส่วนพันธุ์ NS3 (92 กรัม/ไร่) และ SW4452 (88 กรัม/ไร่) ให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อต้นต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติจากสายพันธุ์ KSX5720 ภายใต้อัตราประชากรต่ำ พบว่า สายพันธุ์ TSF12661 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นสูงที่สุด คือ 153 กรัม/ต้น แต่ไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ IRF21157 (138 กรัม/ต้น) และ KSX5720 (132 กรัม/ต้น) ภายใต้อัตราประชากรสูง พบว่า IRF21157 TSF12661 และ KSX5720 ให้ ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นสูงกว่า SW4452 และ NS3 คือ 92.25 86.75 80.25 70.00 และ 69.00 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (Table 1) ทั้งนี้ ไม่พบปฏิสัมพันธ์ของอัตราประชากรกับพันธุ์/สายพันธุ์ทั้ง 5 แสดงว่า ทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ภายใต้อัตราประชากรสูง แม้จะให้ผลผลิตต่อต้นต่ำ แต่การมีจำนวนประชากรต่อพื้นที่มากกว่า จึงส่งผลให้มีผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่าการใช้อัตราประชากรต่ำ

Table 5 Influence of 2 population densities (P) and 5 corn hybrids (H) on germination (%) and plant harvest number (%) when planted in late rainy season 2022 in Wichian Buri District, Phetchabun Province

Factor	Germination (%)			Plant harvest number (%)		
	LPD	HPD	mean	LPD	HPD	mean
SW4452	72.13 ^{ab}	88.47 ^{ab}	80.30 ^{ab}	66.35 ^b	81.23 ^{ab}	73.80 ^b
KSX5720	91.35 ^a	92.30 ^a	91.83 ^a	89.43 ^a	86.53 ^a	87.99 ^a
TSF12661	72.15 ^{ab}	85.58 ^{ab}	78.86 ^{ab}	61.55 ^b	80.78 ^{ab}	71.16 ^b
	69.22 ^b	73.08 ^b	71.15 ^b	64.43 ^b	66.83 ^b	65.63 ^b

Factor	Germination (%)			Plant harvest number (%)		
	LPD	HPD	mean	LPD	HPD	mean
IRF21157	77.88 ^{ab}	79.83 ^b	78.85 ^{ab}	73.08 ^{ab}	74.53 ^{ab}	73.80 ^b
NS3						
mean	76.55	83.85		70.97	77.98	
F-test P	ns			ns		
H	*			*		
PxH	ns			ns		
LSD _(0.05) P	10.66			10.23		
H	12.77			12.51		
PxH	18.06			17.69		
CV(%) P	13.4			19.7		
H	15.4			16.3		

1/ Means in the same column followed by the same letter(s) are not significant different at

$P < 0.05$ by Fisher's LSD.

ns = not significant at $P < 0.05$

* = $P < 0.05$

สรุป

สายพันธุ์ KSX5721 TSF12661 และ IRF21157 ให้ผลผลิตสูงทั้งภายใต้อัตราประชากรสูง (17,033 ต้น/ไร่) และอัตราประชากรต่ำ (8,533 ต้น/ไร่) ทั้งสามสายพันธุ์สามารถปลูกในพื้นที่ของเกษตรกรที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวภายใต้อัตราประชากรสูงได้ ภายใต้อัตราประชากรสูงให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนฝักต่อไร่มากกว่าอัตราประชากรต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (12,925 และ 6,613 ฝัก) ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นภายใต้อัตราประชากรสูงให้ค่าเฉลี่ยน้อยกว่าอัตราประชากรต่ำ (80 และ 129 กรัมต่อต้น) การปลูกข้าวโพดโดยใช้อัตราประชากรสูงมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูง (806 กิโลกรัมต่อไร่) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกข้าวโพดโดยใช้อัตราประชากรต่ำ (607 กิโลกรัมต่อไร่) ดังนั้น จึงไม่แนะนำให้เกษตรกรปลูกข้าวโพดโดยใช้อัตราประชากรสูงถึง 17,033 ต้นต่อไร่ในพื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว แต่ต้องปรับลดอัตราประชากรต่อพื้นที่ลงให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำฝนและการกระจายของฝน รวมถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน สำหรับอัตราประชากรต่อไร่ที่จะสามารถยกระดับผลผลิตต่อต้น และผลผลิตต่อไร่ รวมทั้งผลตอบแทนต่อพื้นที่ จำเป็นต้องศึกษาและทดลองต่อไป

เอกสารอ้างอิง

พรรณญาภา ฉายศรีสุริยศ, สกล ฉายศรี. 2565. สํารวจการปลูกข้าวโพดและพบปะแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับตัวแทนของเกษตรกร ต. ภูน้ำหยด และ ต. พระที่นั่ง อ. วิเชียรบุรี จ. เพชรบูรณ์. ในช่วงเดือนมีนาคม 2564 ถึงเดือนมิถุนายน 2565.

วิไลวรรณ ธนโรจน์ประดิษฐ์. 2553. วิธีการยับยั้งการเกิดอัลฟาโทคซินในข้าวโพด. http://lib3.dss.go.th/fulltext/dssj/2533_123_p6-8.pdf, 19 ธันวาคม 2565.

สามัคคี จงฐิตินนท์, ศิวีไล ลาภบรรจบ, การิตา จงเจ็อกกลาง. 2564. ผลของอัตราประชากรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3. <https://www.doa.go.th/fc/nakhonsawan/wp-content/uploads/2022/02/fullpaper65>, 19 ธันวาคม 2565.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการเกษตรของประเทศไทย. <http://www.oae.go.th.>, 19 ธันวาคม 2565.

Djamana, K., Allen, S., Djaman, D.S., Koudahe, K., Irmak, S., Puppala, N., Darapunenif, M.K., Angadi, S. V. 2022. Planting date and plant density effects on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges* 6: 100417. doi.org/10.1016/j.envc.2021.100417

Luis, S. 2001. Understanding plant density effects on maize growth and development. *Cienc. Rural.* 31: 159–168. doi.org/10.1590/S0103-84782001000100027

Nielsen, R.L., Quinn, D., Camberato, J. 2022. Optimum Plant Populations for corn in Indiana. In *Corny News Network*. Agronomy Dept., Purdue Univ. West Lafayette, IN 47907-2054.

องค์ประกอบเคมีของกระเจี๊ยบสายพันธุ์กินใบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมจากใบกระเจี๊ยบ**Chemical constituents of edible-leaf roselle genotypes and development of roselle-leaf jam product****ศิริพรรณ สุขขัง^{a,*}, สมนึก พรหมแดง^a, อุทัยวรรณ ด้วงเงิน^b****Siriphan Sukkhaeng^{a,*}, Somnuk Promdang^a, Uthaiwan DoungNgern^b**^aศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140^bศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140^aCentral Laboratory and Greenhouse Complex, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand^bTropical Vegetable Research Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrps@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเปรียบเทียบองค์ประกอบเคมีในใบกระเจี๊ยบ และหาสูตรผลิตแยม โดยปลูกกระเจี๊ยบแดง 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขาวจัมโบ้ ชูดาน ม่วงจัมโบ้ และพันธุ์กินใบดอกเล็ก เก็บผลผลิต 50 วันหลังปลูก วิเคราะห์ปริมาณสารทุติยภูมิและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดส่วนยอดด้วยน้ำร้อน และปริมาณเยื่อใย พันธุ์ม่วงจัมโบ้มีปริมาณสารทุติยภูมิและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง โดยมีฟลาโวนอยด์ 81.29 มก.สมมูลเคอร์เซติน/100 กรัม น้ำหนักสด แอนโทไซยานิน 4.52 มก.สมมูลไซยานิดิน/100 กรัม น้ำหนักสด สารฟีนอลิก 125.77 มก.สมมูลกรดแกลลิก/100 กรัม น้ำหนักสด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 36.82 มก.สมมูลโทรลอคซ์/100 กรัม น้ำหนักสด ขาวจัมโบ้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนและแคโรทีนอยด์สูงที่สุด 28.80 และ 190.89 มก./100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ส่วนพันธุ์กินใบดอกเล็กมีปริมาณเยื่อใยสูงสุด 11.25 กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ใบกระเจี๊ยบพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แยมได้ ในอัตราส่วนใบกระเจี๊ยบเข้มข้น 30 น้ำมะนาว 3.5 เพคติน 1 น้ำตาลทราย 48.4 และน้ำ 17.1 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: กระเจี๊ยบแดง, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, แยม, สารทุติยภูมิ**Abstract**

This research compared chemical composition in roselle leaves and to find a recipe for producing roselle leaf jam. Four roselle genotypes, namely White calyx (WT), Sudan (SD), Purple jumbo calyx (PJ) and Edible leaf (small calyx) (EL), were planted. Shoot yield were harvested at 50 days after planting. Secondary metabolites and antioxidant activity from edible young shoot obtained by hot water extraction and their fiber content were analyzed. PJ had relatively high content of secondary metabolites and antioxidant activity (flavonoids 81.29 mg quercetin equivalent/100 gFW, anthocyanin 4.52 mg cyanidin equivalent/100 gFW, phenolic 125.77 mg gallic acid equivalent/100 gFW and antioxidant activity 36.82 mg Trolox equivalent/100 gFW). WT had the highest content of beta-carotene and carotenoids, 28.80 and 190.89 mg/100 gFW, respectively. EL had the highest fiber content of 11.25 g/100 gDW. Roselle leaves can be developed into jam product; in the ratio of 30% roselle leaf stock, 3.5% lemon juice, 1% pectin, 48.4% sugar and 17.1% water.

Keywords: antioxidant activity, jam, roselle, secondary metabolites

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจดูแลสุขภาพมากขึ้น ให้ความสนใจในเรื่องการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง กระจับแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) เป็นพืชสมุนไพรที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด แต่ส่วนที่มีการนำมาใช้มากที่สุด คือกลีบเลี้ยง เนื่องจากมีสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยังมีประโยชน์ทางสมุนไพรหลายอย่าง เช่น ใช้เป็นยาขับปัสสาวะ รักษาภาวะผิดปกติของระบบทางเดินอาหารและไขมันในเลือดสูง นอกจากนี้ยังมีการนำใบมารับประทานเป็นผัก และใช้เป็นยา โดยมีสรรพคุณต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก (Lin et al., 2012; Worawattananutai et al., 2014) ต้านเซลล์มะเร็งผิวหนัง ละลายเสมหะ แก้ไอ บำรุงธาตุ และขับปัสสาวะ โดยสารทุติยภูมิที่พบในใบ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ วิตามินเอ ฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี (Mahadevan et al., 2009; Atta et al., 2010) สำหรับสายพันธุ์กระจับกินใบ จะมีผลขนาดเล็ก ใบ ลักษณะคล้ายรูปฝ่ามือ 3 แฉก หรือ 5 แฉก รูปรีเว้าแหลม ขอบใบมีหยักเป็นฟันเลื่อย ใบอ่อนของกระจับแดง มีวิตามินเอสูง ช่วยบำรุงสายตา มีรสเปรี้ยว จึงใช้รับประทานเป็นผักสดผักแก้มได้ หรือนำมาปรุงอาหารได้หลายชนิด ได้แก่ ใบกระจับแดงผัดไข่ แกงส้มใบกระจับ เป็นต้น ใบกระจับถูกจัดอยู่ในกลุ่มพืชที่มีใบต่ำแคโรทีนสูงเช่นเดียวกับผักโขม และมีโปรตีนใกล้เคียงกับใบปอและใบมะรุม มีรายงานการใช้ใบกระจับในประเทศเซเนกัล โดยใช้เป็นยาต้านไข้หวัดใหญ่ มาลาเรีย และเป็นยาเจริญอาหาร ประเทศในแถบแอฟริกา กระจับแดงนั้นเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ใบมีการใช้บริโภคเป็นผักสีเขียว เช่นเดียวกับผักโขม ใช้เป็นส่วนผสมในซอส และซีเรียล (Atta et al., 2010) อย่างไรก็ตามสายพันธุ์กระจับกินใบในประเทศไทยยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย คนไทยยังรู้จักกระจับกินใบน้อย และใช้ประโยชน์จากใบกระจับในด้านนำมาทำอาหารค่อนข้างน้อย ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน ได้รวบรวมสายพันธุ์กระจับกินใบบางสายพันธุ์ (กระจับกินใบพันธุ์การค้า: พันธุ์กินใบดอกเล็ก และกระจับแดงพันธุ์ใหม่: พันธุ์ขาวจัมโบ้ ชูดาน และม่วงจัมโบ้) ที่มีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งน่าจะมีความแตกต่างทั้งในแง่ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญ และเยื่อใยในใบของกระจับแดงแต่ละสายพันธุ์ และนำใบกระจับซึ่งมีคุณค่าทางอาหารมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แยมเนื่องจากใบกระจับมีคุณสมบัติมีรสเปรี้ยวและมีสารเพคติน (Ilyas et al., 2021) เหมาะสำหรับการทำแยม เพื่อการเผยแพร่และนำไปใช้ประโยชน์ในแง่เป็นอาหารสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกและเตรียมตัวอย่างใบกระจับ

เมล็ดพันธุ์กระจับแดงจำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขาวจัมโบ้ (WT) พันธุ์ชูดาน (SD) พันธุ์ม่วงจัมโบ้ (PJ) และสายพันธุ์กินใบดอกเล็ก (EL) นำมาปลูกในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น โดยปลูกในช่วงสภาพวันยาว (เดือนพฤษภาคม) หลังปลูก 50 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างยอดที่กินได้ (ยอดที่มีใบ 5 ใบ รวมกับ 2 ใบถัดมา) ของแต่ละสายพันธุ์ หั่นให้ละเอียด แช่ในไนโตรเจนเหลว และเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนทำการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ปริมาณสารทุติยภูมิและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การสกัดด้วยน้ำร้อน

ซึ่งตัวอย่างใบ 2.5 กรัม ปั่นให้ละเอียดในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตรด้วยเครื่อง homogenizer ต้มในน้ำเดือด 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซ้ำมคั้น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 20 มิลลิลิตร

ปริมาณสารฟีนอลิกรวม

ทำโดยวิธี Folin-Ciocalteu reagent ตามวิธีของ Mohd-Esa et al. (2010) ปิเปตสารสกัด 0.2 มิลลิลิตร ผสมกับ สารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ที่เจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ 7.5% Na₂CO₃ ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer และคำนวณค่าปริมาณฟีนอลิกรวมในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (mgGAE/100 gFW)

ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

ดัดแปลงจากวิธีของ (Pourmorad et al., 2006) ปิเปตสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร เติม 10% AlCl₃ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และ 1 M potassium acetate ปริมาตร 50 ไมโครลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่น 1.4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลเคอร์เซตินต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (mgQE/100 gFW)

ปริมาณแอนโทไซยานิน

โดยวิธีพีเอช-ดีฟเฟอเรนเชียล ดัดแปลงจาก AOAC, official method 2005.02 (2005) โดยปิเปตสารละลาย ตัวอย่างใส่หลอดทดลอง 0.4 มิลลิลิตร เติมบัฟเฟอร์ pH 1.0 (Potassium chloride, 0.025 M) 1.6 มิลลิลิตร อีกหลอดปิเปตสารละลายตัวอย่าง 0.4 มิลลิลิตร เติมบัฟเฟอร์ pH 4.5 (Sodium acetate, 0.4 M) 1.6 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ของทั้ง 2 หลอด คำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานิน โดยเทียบกับสาร cyanidin-3-glucoside ใช้สูตร

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

Anthocyanin (cyanidin-3-glucoside equivalent) = $(A \times 449.2 \times DF \times 10^3) / 26,900$ mg/L

ปริมาณเบต้าแคโรทีนและแคโรทีนอยด์รวม

วิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนด้วย HPLC: ตัวอย่างใบกระเจียว 1 กรัม บดด้วยไนโตรเจนเหลวในโถงบด สกัดครั้งที่ 1 ด้วยตัวสกัด (อะซิโตน : ปีโตรเลียมอีเทอร์ อัตราส่วน 40 : 60) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เติมแมกนีเซียมคาร์บอเนต 0.1 กรัม ผสมให้เข้ากัน 5 นาที เทส่วนใสแยกออกไว้ ส่วนกากที่เหลือนำไปสกัดอีกครั้งด้วยตัวสกัด (อะซิโตน : ปีโตรเลียมอีเทอร์ อัตราส่วน 50 : 50) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน 5 นาที นำสารที่สกัดได้ทั้ง 2 ครั้งรวมกันและกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ละลายสารที่เหลืออยู่ด้วยอะซิโตน (HPLC grade) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร กรองผ่านไนลอนเมมเบรนฟิลเตอร์ขนาด 0.22 ไมครอน ฉีดเข้าเครื่อง HPLC ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ผ่านคอลัมน์ YMC carotenoid (250 x 4.6 mm, 5 μm) ตัวทำละลายเคลื่อนที่คือ เมทานอล : methyl tert-

butyl ether : ammonium acetate (1 M) อัตราส่วนคั่งที่ คือ 630 : 350 : 20 อุณหภูมิคอลัมน์ 35°C ตรวจวัดสัญญาณที่ 450 นาโนเมตร คำนวณปริมาณเบต้าแคโรทีนจากกราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีนที่ความเข้มข้น 0-200 ppm

วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมด้วย spectrophotometer: สารละลายตัวอย่างที่เหลือจากฉีดเข้าเครื่อง HPLC นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer คำนวณปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากกราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีน ที่ความเข้มข้น 0-50 ppm

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์โดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay ตามวิธีของ González-Mendoza et al. (2010) ใช้สารสกัด 0.8 มิลลิกรัม (เจือจาง 10 เท่า) ทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH (0.2 mM) ปริมาตร 0.8 มิลลิกรัม เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลโทโรลออกซ์ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (mgTE/100 gFW)

การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (fiber)

เก็บตัวอย่างใบกระเจี๊ยบ อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียดทำการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (fiber) โดยส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน

การทดลองสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแยมใบกระเจี๊ยบ

ทดลองกรรมวิธีและสูตรที่เหมาะสมในการทำแยมใบกระเจี๊ยบ โดยมีส่วนผสม ได้แก่ ใบกระเจี๊ยบสด (สายพันธุ์ กินใบดอกเล็กเนื่องจากมีปริมาณเยื่อใยสูงที่สุดและมีปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระรองลงมา) น้ำมะนาว เพคติน น้ำตาลทราย และน้ำเปล่า เตรียมใบกระเจี๊ยบเข้มข้นโดยนำใบกระเจี๊ยบสดมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหาร ร่วมกับน้ำอัตราส่วน 1 : 2 ทดลองแปรผันลักษณะของสูตร ได้แก่ อัตราส่วนของใบกระเจี๊ยบเข้มข้น น้ำตาล และน้ำ ดังนี้

Table 1 Ratio of ingredients in each recipe of roselle leaf jam.

Ingredient	weight (g): 100 g			
	1 st recipe	2 nd recipe	3 rd recipe	4 th recipe
- Blended leaf stock	30	30	30	20
- lemon juice	3.5	3.5	3.5	3.5
- pectin	1	1	1	1
- sugar	63.4	48.4	33.4	48.5
- water	2.1	17.1	32.1	27

เคี้ยวใบกระเจี๊ยบเข้มข้นด้วยไฟอ่อน จากนั้นเติมน้ำและน้ำตาล (ส่วนที่เหลือจากนำไปผสมเพคติน) พร้อมคนตลอดเวลา เคี้ยว 5-7 นาที เติมน้ำตาลทราย (ที่ผสมกับน้ำตาลทรายและน้ำส่วนหนึ่งเพื่อให้ผงเพคติน กระจายตัวสม่ำเสมอ) เติมน้ำมะนาว เคี้ยวต่อจนเกิดเจล วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) จากนั้นทำให้เย็นลงจนอุณหภูมิ

ประมาณ 85 องศาเซลเซียส บรรจุลงขวดที่ต้มฆ่าเชื้อแล้วพร้อมปิดฝา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นและนำเข้าตู้เย็นเพื่อให้เกิดเจล จากนั้นวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยแยกแต่ละสูตรซึ่งใส่ด้วยประมาณ 5 กรัม ซิมร่วมกับขนมปังกรอบ ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 25 คน อายุระหว่าง 10-60 ปี ในด้านต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น ความหวาน รสชาติ เนื้อสัมผัส การขาด (ความหนืด) และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9 point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด 5= รู้สึกเฉยๆ 9= ชอบมากที่สุด) จากนั้นทำการวิเคราะห์ ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีหลังการเป็นแยม

เลือกแยมโบกระเจี๊ยบสูตรที่ได้รับความนิยมมากที่สุด วิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนด้วย spectrophotometer ปริมาณฟลาโวนอยด์ สารฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยสกัดตัวอย่างแยมเช่นเดียวกับการทดลองตัวอย่างใบ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณสารทุติยภูมิ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเยื่อใย

ปริมาณสารทุติยภูมิในกลุ่มฟลาโวนอยด์ และสารฟีนอลิกทั้งหมด ในสารสกัดจากยอดกระเจี๊ยบเก็บที่อายุ 50 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์ม่วงจัมโบ้ (PJ) มีปริมาณสารทุติยภูมิเหล่านี้สูงที่สุด (Figs. 1A-1B) สอดคล้องกับค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Fig. 1D) ส่วนปริมาณสารแอนโทไซยานินซึ่งจะพบสีแดง-ม่วงอยู่บริเวณก้านใบและเส้นใบ พันธุ์ม่วงจัมโบ้ (PJ) มีปริมาณสูงสุดเช่นกัน รองลงมาคือ พันธุ์ชูดาน (SD) สายพันธุ์กินใบดอกเล็ก (EL) และพันธุ์ขาวจัมโบ้ (WT) (ตรวจไม่พบแอนโทไซยานิน) ตามลำดับ (Fig. 1C) เช่นเดียวกับรายงานในหลายงานวิจัยที่พบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชมักมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณสารโพลีฟีนอล (Javanmardi et al., 2003; Kiselova et al., 2006) Lyu et al. (2020) รายงานว่าปริมาณฟีนอลิกในใบกระเจี๊ยบมีความผันแปรขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของพันธุ์ ระยะเวลาเก็บเกี่ยว และวิธีการปลูก นอกจากนี้ยังรายงานสารฟีนอลิกหลักที่พบในใบ กลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น rutin สารกลุ่มแอนโทไซยานิน เช่น delphinidin-3-O-sambubioside และกลุ่มกรดฟีนอลิก เช่น neochlorogenic acid ใบกระเจี๊ยบทั้ง 4 พันธุ์มีปริมาณเบต้าแคโรทีน และสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ใกล้เคียงกัน พันธุ์ขาวจัมโบ้มีแนวโน้มมีค่าสูงที่สุด (Fig. 1E-1F) สายพันธุ์กินใบดอกเล็กมีปริมาณเยื่อใยสูงที่สุด (Fig. 1G) ซึ่งหมายถึงส่วนที่ไม่สามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ แต่มีความสำคัญต่อการยับยั้ง

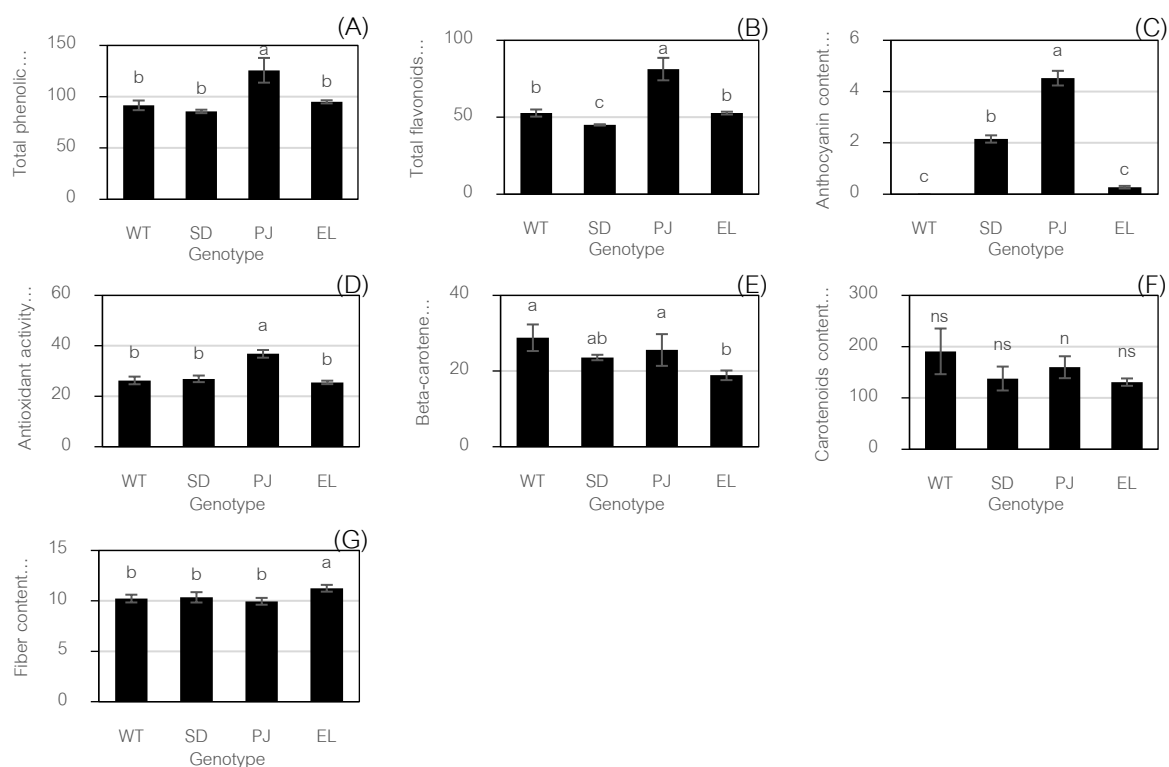


Fig. 1 Chemical constituents of hot water extract from leaves of different roselle genotypes (WT-white calyx; SD-sudan; PJ-purple jumbo calyx; EL-edible leaf): total phenolic content (A), total flavonoids content (B), anthocyanin content (C), beta-carotene content (E), total carotenoids content (F) and their antioxidant activities (D). Fiber content was determined from dried powder leaf sample of each genotype (G).

Note: Error bars represent the SD of the mean. Different letters above the error bars indicate significant differences ($p < 0.05$), ns = no significant differences.

สูตรที่เหมาะสมในการผลิตแยมใบกระเจี๊ยบ

สูตรที่ 1 ซึ่งมีใบกระเจี๊ยบเข้มข้นร้อยละ 30 และน้ำตาลทรายร้อยละ 63.4 จะได้แยมที่มีลักษณะค่อนข้างเหลว และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 73°Brix ความเป็นกรดต่าง 2.69 สูตรที่ 2 และ 3 ซึ่งมีใบกระเจี๊ยบเข้มข้นร้อยละ 30 เท่ากันและน้ำตาลทรายลดลงที่ร้อยละ 48.4 และ 33.4 จะได้แยมที่มีลักษณะเป็นเนื้อแยมที่เซตตัว สีเขียวอมน้ำตาลเข้มกว่าสูตรที่ 1 และ 4 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประมาณ 63 และ 45°Brix ค่าความเป็นกรดต่าง 2.56 และ 2.61 ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 4 ซึ่งลดปริมาณใบกระเจี๊ยบเข้มข้นลงเป็นร้อยละ 20 และน้ำตาลทรายร้อยละ 48.5 (ใกล้เคียงกับสูตรที่ 2) ได้แยมที่มีลักษณะเป็นเนื้อแยมที่เซตตัวอ่อนนุ่ม และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 58°Brix ความเป็นกรดต่าง 2.60 (Fig. 2A) โดยแยมสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าปริมาณสารที่ละลายได้ (%Brix) เป็นไปตามมาตรฐานของแยม ขณะที่ค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่าข้อกำหนด ซึ่งมาตรฐานของแยมระบุว่าแยมต้องมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 65°Brix ขึ้นไป และมีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 2.8–3.5 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213, 2543)

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนการยอมรับแย้มทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกด้าน แต่พบว่าสูตรที่ 2 มีแนวโน้มคะแนนการยอมรับด้านความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่น (Table 2)

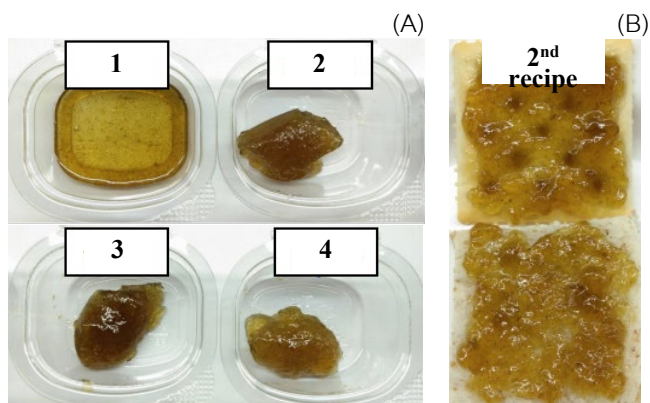


Fig. 2 Characteristics of roselle leaf jam in various recipes (A); and the spreading of 2nd recipe jam on cracker and bread (B).

สมบัติทางเคมีหลังการเป็นแยม

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แยมใบกระเจี๊ยบสูตรที่ 2 ที่มีความชอบโดยรวมมากที่สุดนำมาวิเคราะห์ปริมาณแคลโรทีนอยด์รวม ฟลาโวนอยด์รวม สารฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เปรียบเทียบกับใบกระเจี๊ยบสด และสต็อกใบกระเจี๊ยบปั่นเข้มข้น (ใบกระเจี๊ยบ : น้ำ = 1 : 2) พบว่าสต็อกใบกระเจี๊ยบปั่นเข้มข้น มีค่าสารทุติภูมิต่างๆ ลดลงประมาณ 5 เท่า อาจเนื่องจากการผสมเจือจางกับน้ำ และสารต่างๆ อาจถูกทำลายด้วยปัจจัย เช่น ความร้อน การสัมผัสกับอากาศ และการที่เซลล์แตก สารอาจสลายตัวด้วยเอนไซม์บางชนิด จากนั้นเมื่อผ่านกระบวนการทำแยม พบว่าแยมสูตรที่ 2 ในเนื้อแยม 100 กรัมมีค่าปริมาณแคลโรทีนอยด์รวม 0.82 มิลลิกรัม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม 3.63 มิลลิกรัมสมมูลเคอร์เซติน ปริมาณฟีนอลิกรวม 16.02 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 3.91 มิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์ (Table 3) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการศึกษาของ Thungmungmee et al. (2019) ในแยมดอกชบาเมเปิ้ล และแยมทางการค้าต่างๆ ทั้งนี้การเปรียบเทียบกันค่อนข้างยาก อาจขึ้นกับวิธีการสกัดด้วย

Table 2 Sensory properties of roselle leaf jam from different recipe.

Sensory properties	1 st recipe	2 nd recipe	3 rd recipe	4 th recipe
Color ^{ns}	5.92±2.02	6.16±1.43	6.20±1.19	6.40±1.66
Smell ^{ns}	5.88±1.17	6.32±1.55	6.08±1.38	6.36±1.22
Sweetness ^{ns}	6.48±2.00	7.00±1.53	6.24±1.64	6.56±1.56
Taste ^{ns}	6.76±1.23	7.24±1.27	6.68±1.44	6.60±1.55
Texture ^{ns}	6.60±1.38	6.60±1.53	6.96±1.10	6.80±1.38
Spreading ^{ns}	6.16±1.93	6.76±1.54	6.96±1.37	6.84±1.55
Overall preference ^{ns}	6.56±1.39	7.08±1.35	7.00±1.19	6.92±1.29

The numbers are means±SD ($n = 25$). ns = no significant differences ($p < 0.05$)

Table 3 Total carotenoids, flavonoids, phenolics and antioxidant activity of fresh roselle leaves, stock blended leaves and roselle leaf jam (2nd recipe).

Sample	Total carotenoids (mg/100 g)	Total flavonoids (mgQE/100 g)	Total phenolic compounds (mgGAE/100 g)	Antioxidant activity (mgTE/100g)
Roselle leaves	171.98 ^{a1}	69.65 ^{a1}	113.54 ^{a1}	35.20 ^{a1}
Stock blended leaves	41.70 ^b	14.15 ^b	21.73 ^b	7.10 ^b
Jam (2 nd recipe)	0.82 ^c	3.63 ^b	16.02 ^b	3.91 ^c

¹ Means in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

สรุป

ใบกระเจี๊ยบพันธุ์ม่วงจัมโบ้ มีความน่าสนใจในแง่ปริมาณสารสำคัญ ส่วนพันธุ์กินใบดอกเล็กมีปริมาณเยื่อใยค่อนข้างสูง ใบกระเจี๊ยบสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แยมได้ ความพึงพอใจของลักษณะและคุณภาพของแยม อยู่ในระดับความชอบปานกลาง และหลังจากแปรรูปใบกระเจี๊ยบเป็นแยมแล้ว ยังมีปริมาณแคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ สารฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหลงเหลืออยู่

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการวิจัยมุ่งเป้า วิจัยเขตกำแพงแสน ปีงบประมาณ 2562 รหัสโครงการ KPS-RDI 2019-016

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2543. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.

AOAC, 2005. Official Method 2005.02 Total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines- pH differential method. Journal of AOAC International 88: 1269.

Atta, S., Diallo, A.B., Bakasso, Y., Sarr, B., Saadou, M., Glew, R.H. 2010. Micro-element contents in roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) at different growth stages. AJFAND. 10: 2615–2628. 10.4314/ajfand.v10i5.57898

González-Mendoza, D., Grimaldo-Juárez, O., Soto-Ortiz, R., Escoboza-Garcia, F., Hernández, J.F.S. 2010. Evaluation of total phenolics, anthocyanins and antioxidant capacity in purple tomatillo (*Physalis ixocarpa*) genotypes. Afr. J. Biotechnol. 9: 5173–5176.

Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., Vivanco, J. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. Food Chem. 83: 547–550. doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00151-1

- Kiselova, Y., Ivanova, D., Chervenkov, T., Gerova, D., Galunska, B., Yankova, T. 2006. Correlation between the *in vitro* antioxidant activity and polyphenol content of aqueous extracts from Bulgarian herbs. *Phytother. Res.* 20: 961–965. doi.org/10.1002/ptr.1985
- Lin, H., Chan, K., Sheu, J., Hsuan, S., Wang, C., Chen, J. 2012. *Hibiscus sabdariffa* leaf induces apoptosis of human prostate cancer cells *in vitro* and *in vivo*. *Food Chem.* 132: 880–891. doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.057
- Lyu, J.I., Kim, J.M., Kim, D.G., Kim, J.B., Kim, S.H., Ahn, J.W., Kang, S.Y., Ryu, J., Kwon, S.J. 2020. Phenolic compound content of leaf extracts from different roselle (*Hibiscus sabdariffa*) accessions. *Plant Breed. Biotech.* 8: 1–10. doi.org/10.9787/PBB.2020.8.1.1
- Mahadevan, N., Shivali, Kamboj, P. 2009. *Hibiscus sabdariffa* Linn. –an overview. *Nat. Prod. Radiance.* 8: 77–83.
- Mohd-Esa, N., Hern, F.S., Ismail, A., Yee, C.L. 2010. Antioxidant activity in different parts of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extracts and potential exploitation of the seeds. *Food Chem.* 122: 1055–1060. doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.074
- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S.J., Shahabimajd, N. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *Afr. J. Biotechnol.* 5: 1142–1145.
- Thungmungmee, S., Wisidsri, N., Khobjai, W., Dumrongphuttidecha, T., Jamkom, K., Techaeoi, S. 2019. The characteristics and antioxidant activities of Chaba Maple (*Hibiscus acetosella*) homemade jam. *Int.J. App.Pharm.* 11: 52–55. doi.org/10.22159/ijap.2019.v11s5.T0048
- Worawattananutai, P., Itharat, A., Ruangnoo, S. 2014. *In vitro* antioxidant, anti-inflammatory, cytotoxic activities against prostate cancer of extracts from *Hibiscus sabdariffa* leaves. *J.Med.Assoc.Thai.* 97: 81–87.
- Ilyas, R.A., Sapuan, S.M., Kirubaanand, W., Zahfiq, Z.M., et al. 2021. Roselle: production, product development, and composites. In: Sapuan, S.M., Nadlene, R., Radzi, A.M., Ilyas, R.A. (Eds.). *Roselle*. Academic Press, pp. 1–23.

ปริมาณธาตุอาหารของมะขามหวานพันธุ์สีทองในจังหวัดเพชรบูรณ์

Plant nutrient content of 'Si Thong' Sweet Tamarind (*Tamarindus indica* L.) in Phetchabun provinceสายน้ำ อุดพวย^{a,*}, ชัชชนพร เกื้อหนุน^a, สมฤทัย ต้นเจริญ^a, สโรชา ถึงสุข^b, วนิดา โนบรเทา^a,นุชนานา ต้นวรรณ^a, ภิญญาลักษณ์ รัตนวิระกุล^aSainam Udpuay^{a,*}, Chattanaporn Kernoon^a, Somrutai Tancharoen^a, Sarocha Thuengsuk^b, Wanida Nobuntou^a,Nutchanart Tanwan^a, Pinyaluk Ratanavirakul^a^aกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900^bศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ กรมวิชาการเกษตร เพชรบูรณ์ 67000^aAgricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand^bPhetchabun Agricultural Research and Development Center, Department of Agriculture, Phetchabun 67000, Thailand

*Corresponding author. Email address: sainam.udpuay@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสถานะของธาตุอาหารในมะขามหวานพันธุ์สีทองที่มีการจัดการปุ๋ยตามวิธีการของเกษตรกร โดยเก็บตัวอย่างใบ ดอก และผล ทั้งสิ้น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยว จากสวนจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นและปริมาณของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหาร พบว่า ช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและพัฒนาดอก ใบและดอกของมะขามหวานพันธุ์สีทองมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด ขณะที่ส่วนของผลจากระยะการเก็บเกี่ยวมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด สำหรับการสร้างผลมะขามหวานพันธุ์สีทอง 1 กิโลกรัม ต้องการธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 5.83 0.76 6.61 4.61 และ 1.10 กรัม ตามลำดับ และมีความต้องการเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี เท่ากับ 15.38 14.31 2.78 และ 11.35 มิลลิกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารหลักในรูปของปุ๋ยที่ต้องสูญเสียไปกับผลผลิต 1 กิโลกรัม เท่ากับ 5.83–1.74–7.97 กรัม N-P₂O₅-K₂O หรือคิดเป็นเรโซปุ๋ย คือ 3:1:5

คำสำคัญ: ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในมะขาม, เรโซปุ๋ย, สูญเสียไปกับผลผลิต

Abstract

This experiment aimed to investigate the plant nutrient status of 'Si Thong' sweet tamarind with fertilizer management according to farmer's methods. The sampling of leaves, flowers and fruits was collected in three growth stages, i.e., shoot growth, flower development, and fruit maturation stage, from the farmer's orchard in Phetchabun province. The macronutrients, secondary nutrients and micronutrients in each organ were examined. The results showed that leaf and flower had the highest nitrogen concentration in shoot growth and flower development phases. Potassium concentration was the highest in fruit. Regarding nutrient requirement of sweet tamarind production, it requires at 5.83, 0.76, 6.61, 4.61, and 1.10 g/kg of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium, respectively. The levels of iron, manganese, copper and zinc in microelements were required at 15.38, 14.31, 2.78 and 11.35 mg/kg, respectively. The N, P₂O₅ and K₂O removed by yield were 5.83 1.74 and 7.97 g/kg fruit production, or the fertilizer ratio was 3:1:5.

Keywords: Crop removal, Fertilizer ratio, Tamarind nutrient concentration

คำนำ

มะขามหวาน (*Tamarindus indica* L.) เป็นไม้ผลเขตร้อน ที่มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae โดยประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 193,914 ไร่ มีผลผลิตรวม 104,493 ตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่า 5,609 ล้านบาท โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมะขามมากที่สุด 3 จังหวัดแรก ได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ (80,034 ไร่) เลย (32,212 ไร่) และชัยภูมิ (14,414 ไร่) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2561) สำหรับพันธุ์ของมะขามหวาน สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 พันธุ์เบา ซึ่งให้ผลผลิตก่อนและเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนธันวาคม-มกราคม ได้แก่ พันธุ์น้ำผึ้ง พันธุ์ศรีชมภูและพันธุ์ประกายทอง กลุ่มที่ 2 พันธุ์กลาง ซึ่งให้ผลผลิตช้ากว่าพันธุ์เบาประมาณ 7-15 วัน และเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ได้แก่ พันธุ์อินทผลัมและพันธุ์ขันธ์ดี และกลุ่มที่ 3 พันธุ์หนัก ซึ่งให้ผลผลิตช้า มีระยะเจริญของผลนาน และเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ได้แก่ พันธุ์สีทอง พันธุ์หีนใจ และพันธุ์เพชรเกษกร (เทคโนโลยีชาวบ้านออนไลน์, 2561) มะขามหวานเป็นพืชทนแล้ง เริ่มให้ผลผลิตหลังจากปลูก 4 ปี และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ไม่ต่ำกว่า 30 ปี โดยนิยมใช้ระยะปลูก 6×6 8×8 หรือ 10×10 เมตร สำหรับระยะติดดอกถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 20 วัน ระยะดอกบานถึงฝักใช้เวลาประมาณ 8 เดือน ทั้งนี้มะขามหวานอายุ 10 ปี สามารถให้ผลผลิตประมาณ 100 กิโลกรัมต่อต้น ผลผลิต 1 กิโลกรัม มีฝักประมาณ 30-45 ฝัก ซึ่งเก็บเกี่ยวตั้งแต่เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ (ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม) หลังจากเก็บผลผลิต (เดือนมีนาคม) มะขามหวานจะมีการพักตัวโดยผลัดใบ (ทิ้งใบแก่) และเริ่มแตกใบใหม่ พร้อมออกดอกติดฝักในฤดูกาลถัดไป ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการตัดแต่งกิ่ง (มีนาคม-เมษายน) และพรวนดินรอบทรงพุ่ม สำหรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการผลิตมะขาม คือ ดินควรเป็นดินร่วนดินร่วนปนทรายมีความอุดมสมบูรณ์สูง ระบายน้ำดี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 1,200-1,800 มิลลิเมตร ความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 แต่ก็สามารถเจริญเติบโตในดินด่าง (alkaline soils) ได้ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2557) ทั้งนี้ใบและผลของมะขามหวานสามารถรับประทานและยังใช้เป็นยาสมุนไพรได้อีกด้วย โดยเนื้อมะขาม 100 กรัม จะมีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบ ดังนี้ โพแทสเซียม (62-570 มิลลิกรัม) แคลเซียม (81-466 มิลลิกรัม) โซเดียม (24-29 มิลลิกรัม) ฟอสฟอรัส (86-190 มิลลิกรัม) แมกนีเซียม (26-30 มิลลิกรัม) เหล็ก (1.3-11 มิลลิกรัม) ทองแดง (0.8-1.2 มิลลิกรัม) และสังกะสี (0.8-0.9 มิลลิกรัม) (Roa et al., 1999; Sadiq et al., 2016)

ปัจจุบันปริมาณผลผลิตมะขามหวานยังไม่เพียงพอกับความต้องการบริโภคภายในประเทศ ผลผลิตมีคุณภาพต่ำ เกษตรกรผู้ปลูกมะขามหวานมักใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เพียงอย่างเดียวตลอดการปลูก หรืออาจใส่ร่วมกับปุ๋ยสูตร 8-24-24 ในอัตราสูง (ทวีศักดิ์, 2561) โดยไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน จึงอาจทำให้เกิดการสะสมธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินปริมาณสูงได้ อาจส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารบางตัวในดิน เช่น ระดับธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินหรือการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอัตราสูงอาจทำให้พืชขาดธาตุสังกะสี (Gianquinto et al., 2000) การขาดธาตุแมกนีเซียมเนื่องจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมากเกินไป ทำให้ดินมีธาตุโพแทสเซียมมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าความเข้มข้นของดินที่เหมาะสม (240-300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Xie et al., 2021) ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น และคุณภาพผลผลิตที่ลดลงได้รวมทั้งยังขาดข้อมูลปริมาณธาตุอาหารและค่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารจากใบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการปุ๋ยกับมะขามหวานที่เฉพาะเจาะจงอีกด้วย การปลูกมะขามหวานในประเทศอินเดีย นิยมใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น (เดือนมีนาคม-เมษายน) และได้ทดลองศึกษาการตอบสนองของมะขาม การใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กรัมต่อต้น และ ปุ๋ยสูตร 0-46-0 อัตรา 25 กรัมต่อต้น แต่ผลที่ได้มีการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยต่ำ ส่วนประเทศฟิลิปปินส์มีการแนะนำให้ใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 อัตรา 100-200 กรัมต่อต้น (El-Sidding et al., 2006) สำหรับผู้ปลูกมะขามหวานในประเทศไทย ส่วนใหญ่นิยมใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 100-200 กรัมต่อต้น ทั้งนี้จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกมะขามหวานที่สำคัญของประเทศไทย แต่ยังคงขาดคำแนะนำการจัดการปุ๋ยในการผลิตมะขามหวานที่มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มปริมาณและผลผลิตที่มีคุณภาพ โดยการประเมินปริมาณธาตุอาหารในใบ ดอก และผลสดน่าจะเป็นข้อมูลสนับสนุนถึง

ปริมาณธาตุอาหารที่ต้นมะขามต้องการในแต่ละระยะการเจริญเติบโต รวมถึงการชดเชยปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไป และการวิเคราะห์ดิน (นันทลี และคณะ, 2561) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานะของธาตุอาหารในดินและพืช แต่ละระยะการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตของมะขามหวาน สำหรับใช้เป็นข้อมูล กำหนดการจัดการธาตุอาหารของมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการประเมินสถานะของธาตุอาหารในมะขามหวานของสวนเกษตรกร ตำบลตะเบา อำเภอมือง จังหวัด เพชรบูรณ์ จำนวน 1 สวน พิกัดแปลง 47Q 741567E 1810546N ความสูงจากระดับน้ำทะเล 171 เมตร และเลือกต้นมะขาม ที่ให้ผลผลิตแล้ว จำนวน 10 ต้น โดยคัดเลือกต้นมะขามหวานพันธุ์สีทองที่มีความอุดมสมบูรณ์ อายุใกล้เคียงกันประมาณ 6 ปี และได้รับการปฏิบัติดูแลเหมือนกัน สำหรับการจัดการปุ๋ยของเกษตรกร มีดังนี้ ระยะบำรุงต้น ไส้มูลวัว 5 กิโลกรัมต่อต้น ส่วนปุ๋ยเคมีทางดินจะทำการปุ๋ยสูตร 46-0-0 (ยูเรีย) อัตรา 0.8 กิโลกรัมต่อต้น ปุ๋ยสูตร 18-46-0 (ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต) อัตรา 0.6 กิโลกรัมต่อต้น และปุ๋ยสูตร 0-0-60 (โพแทสเซียมคลอไรด์) อัตรา 0.8 กิโลกรัมต่อต้น เพียงครั้งเดียว (ช่วงเดือน มิถุนายน) ในขณะที่ดินมีความชื้นเพียงพอต่อการละลายของปุ๋ย ซึ่งคิดเป็นปริมาณเนื้อธาตุอาหารหลัก เท่ากับ 418-276-480 กรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อต้นต่อปี ร่วมกับการให้ปุ๋ยแคลเซียมโบรอนทางใบ อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 200 ลิตร

การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินใต้ทรงพุ่มของต้นมะขามหวาน ต้นละ 4 จุด (4 ทิศ) แล้วนำมารวมกันเป็นตัวอย่างรวม (composite sample) น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม (กรมวิชาการเกษตร, 2553) โดยแยกเก็บที่ระดับความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร นำตัวอย่างดินมาตากให้แห้งในที่ร่ม (air-dried soil) (นันทรัตน์, 2545) แยกเศษซากพืช บดตัวอย่างดิน และร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร และ 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีตามวิธีการวิเคราะห์ดิน มาตรฐาน ได้แก่ เนื้อดิน โดยวิธี Hydrometer (Bouyoucos, 1962) พีเอชดิน ในอัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (Davis, 1943) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ในอัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:5 แล้ววัดด้วยเครื่อง electrical conductivity meter (Rayment and Higginson, 1992) อินทรีย์วัตถุ โดยวิธีของ Walkley and Black titration (Nelson and Sommer, 1982) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยการสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ โดยการสกัดดินด้วย 1N Ammonium acetate (pH 7.0) แล้ววัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Pratt, 1965) ปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และ ทองแดงที่สกัดได้ในดิน โดยการสกัดด้วย DTPA แล้ววัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Lindsay, 1978)

การเก็บตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช

เก็บตัวอย่างมะขามหวานบริเวณช่วงกลางทรงพุ่ม โดยเริ่มนับจากส่วนยอดที่รับแสงแดด 3 ระยะการเจริญเติบโต ได้แก่ (1) ระยะการเจริญทางด้านลำต้น (shoot growth stage) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบอ่อน (2) ระยะออกดอก (flower development stage) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบและดอก และ (3) ระยะเก็บเกี่ยว (fruit maturation) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบ และผลแก่ จากนั้นนำตัวอย่างพืชที่สุ่มจากหลาย ๆ ส่วนของทรงพุ่มมารวมกัน และสุ่มตัวอย่างแต่ละส่วนให้ได้น้ำหนักสด ประมาณ 1 กิโลกรัม แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 2 ครั้ง ผึ่งหรือซับน้ำให้แห้ง

ทำการแยกตัวอย่างฝักมะขามหวานออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ เปลือก เมล็ด เนื้อ และรก ก่อนนำไปใส่ถุงกระดาษ อบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 65–70 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ซึ่งน้ำหนักแห้ง หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและมวลชีวภาพ บดตัวอย่างให้ละเอียดเป็นแป้ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ต่อไป โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ทำการย่อยตัวอย่างด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้น และกลั่นโดยวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1960) ส่วนธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ย่อยตัวอย่างด้วยกรด HNO_3-HClO_4 อัตรา 2:1 โดยปริมาตร แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดด้วยวิธี Vanado-molybdate yellow color ส่วนธาตุอื่น ๆ วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) จากนั้นนำผลวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้มาคำนวณเป็นปริมาณธาตุอาหารในส่วนใบ ดอก และผล เพื่อประเมินความต้องการธาตุอาหารในแต่ละระยะการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติทางกายภาพและเคมีดิน

เนื้อดินบนเป็นดินร่วนถึงดินร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินร่วนเหนียวปนทราย ดินเป็นกรดจัดมาก ถึงปานกลาง และไม่จัดเป็นดินเค็ม เนื่องจากมีค่า EC ไม่เกิน 0.41 เดซิซีเมนต่อเมตร (Patterson, 2001) ปริมาณอินทรีย์วัตถุและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และแมงกานีสที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ส่วนสังกะสีและทองแดงที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลาง (Table 1)

ความเข้มข้นธาตุอาหารพืช

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะขามที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น พบว่า ใบมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด เท่ากับ 1.86% รองลงมาคือ โพแทสเซียมเท่ากับ 1.24% แคลเซียมเท่ากับ 1.00% แมกนีเซียมเท่ากับ 0.48% และฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.23% ส่วนจุลธาตุอาหาร พบว่า สามารถเรียงลำดับความเข้มข้นจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ เหล็กเท่ากับ 41.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมงกานีสเท่ากับ 27.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สังกะสีเท่ากับ 17.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และทองแดงเท่ากับ 9.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Gomathinayagam et al. (2017) ที่รายงานว่ ใบมะขามมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุด เท่ากับ 2.24% รองลงมาเป็นโพแทสเซียมเท่ากับ 0.65% ฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.20% แคลเซียมเท่ากับ 0.18% และแมกนีเซียมเท่ากับ 0.35% ขณะที่ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมะขามที่พบมีดังนี้ เหล็กเท่ากับ 228.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมงกานีสเท่ากับ 19.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สังกะสีเท่ากับ 32.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และทองแดงเท่ากับ 3.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และใกล้เคียงกับการศึกษาของ El-Siddig et al. (2006) ที่รายงานว่ ใบมะขามอุดมไปด้วยฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยมีปริมาณแมกนีเซียมสูงระหว่าง 0.15–0.34% (Esther et al., 2020) (Table 2)

สำหรับระยะออกดอก พบว่า ส่วนของดอกมะขามหวาน มีความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชใกล้เคียงกับส่วนของใบอ่อน โดยมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุด เท่ากับ 1.89% รองลงมาเป็น โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม เท่ากับ 1.39 0.43 0.25 และ 0.22% ตามลำดับ และเหล็ก สังกะสี แมงกานีสและทองแดง เท่ากับ 59.7 18.1 14.6 และ 13.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Soil properties in tamarind orchard

Items	Soil depth (cm)		Optimal range ^{1/}
	0-30	30-60	
pH (1:1)	5.9-6.8	4.9-6.7	5.5-6.5
EC (1:5) (dS/m)	0.02-0.05	0.01-0.07	ไม่เค็ม
OM (%) (Walkley and Black)	2.7-4.2	1.7-2.4	2-4
Available P (Bray II) (mg/kg)	3-27	2-8	10-25
Extractable K (mg/kg) (NH ₄ OAc pH7)	34-257	28-210	51-100
Extractable Ca (mg/kg) (NH ₄ OAc pH7)	2,108-2,862	1,562-3,325	400-1,000
Extractable Mg (mg/kg) (NH ₄ OAc pH7)	241-372	165-481	120-360
DTPA Extractable Fe (mg/kg)	8-22	15-58	2.5-5
DTPA Extractable Mn (mg/kg)	31-64	32-69	1-2
DTPA Extractable Zn (mg/kg)	1.5-2.8	0.5-0.9	0.5-2
DTPA Extractable Cu (mg/kg)	1.1-2.1	1.3-2.3	0.12-2.5
Textural Classes (Hydrometer)	sandy clay loam, clay loam, loam	sandy clay loam, clay loam	

1/ Soil fertility and fertilizer research group for horticultural and perennial plants (2002)

Table 2 Mean of nutrient concentration in different parts of sweet tamarind of growth stages

Growth stage	Plant parts	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Shoot growth	Leaf	1.86	0.23	1.24	1.00	0.48	41.4	27.3	9.3	17.9
Flower development	Leaf	1.94	0.24	1.26	0.69	0.21	50.5	26.9	11.2	16.2
	Flower	1.89	0.25	1.39	0.43	0.22	59.7	14.6	13.6	18.1
	Leaf	1.33	0.12	0.50	0.58	0.58	119.4	48.8	3.6	33.9
	Peel	0.69	0.10	0.86	1.88	0.12	33.5	16.8	7.2	18.7
Fruit maturation	Seed	1.66	0.13	0.36	0.36	0.14	25.9	22.8	4.6	25.0
	Fiber	0.54	0.11	1.01	0.23	0.23	16.8	21.6	3.2	14.2
	Pulp	0.51	0.11	1.42	0.14	0.20	14.2	22.8	1.9	10.1

ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ส่วนของเมล็ดมีความเข้มข้นของ N สูงที่สุด เมื่อเทียบกับในส่วนของเปลือก รก และเนื้อมะขาม โดยมีค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนในเมล็ด เท่ากับ 1.66% ในขณะที่ส่วนของใบแก่ มีไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 1.33% รองลงมาเป็นแคลเซียมเท่ากับ 0.58% แมกนีเซียมเท่ากับ 0.58% โพแทสเซียมเท่ากับ 0.50% และฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.12% ตามลำดับ และความเข้มข้นของจุลธาตุอาหาร ได้แก่ เหล็กเท่ากับ 119.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมงกานีสเท่ากับ 48.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สังกะสีเท่ากับ 33.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และทองแดงเท่ากับ 3.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนของเนื้อมะขามมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 1.42% รองลงมาเป็นไนโตรเจนเท่ากับ 0.51% แคลเซียมเท่ากับ 0.14% แมกนีเซียมเท่ากับ 0.20% และฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.11% และจุลธาตุอาหารมีความเข้มข้นดังนี้ เหล็กเท่ากับ 14.2 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม แมกนีสิสเท่ากับ 22.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สังกะสีเท่ากับ 10.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และทองแดงเท่ากับ 1.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 2) ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบแก่และผลของมะขามหวานในระยะเก็บเกี่ยวเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานทดลองของ Esther et al. (2020) ซึ่งรายงานว่ามีระดับของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงกว่าส่วนของเนื้อมะขาม ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของมะขามหวาน สรุปได้ดังนี้ ปริมาณธาตุอาหารในใบของมะขามหวานที่ระยะแตกใบอ่อน และใบและดอกของมะขามหวานที่ระยะออกดอก มีความเข้มข้นของไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาเป็นโพแทสเซียม แต่เมื่อเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ผลของมะขามหวานโดยเฉพาะส่วนของเนื้อมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมมากที่สุด เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีผลต่อคุณภาพผลผลิตของมะขาม เพราะช่วยในการสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลภายในพืชนั่นเอง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ส่วนธาตุที่พบในปริมาณรองลงมาคือ ไนโตรเจน ทั้งนี้มุกดา (2547) รายงานว่า ไม้ผลมีความต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงของการพัฒนาและเจริญเติบโต โดยระยะการสร้างใบมีความต้องการไนโตรเจนสูง ระยะสร้างดอกต้องได้รับฟอสฟอรัสสูง ระยะติดผลช่วงแรกต้องให้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลอ่อน และระยะต่อมาต้องให้โพแทสเซียมเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลผลิต

ปริมาณธาตุอาหารพืชที่สูญเสียไปกับผลผลิต

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของผลผลิตมะขามหวานน้ำหนัก 1 กิโลกรัม พบว่า เปลือกของมะขามหวานพันธุ์สีทอง มีปริมาณธาตุอาหารแคลเซียมสูงที่สุด ถึง 3.48 กรัม (Table 3) เพราะแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์อยู่ในรูปแคลเซียมเพคเตต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) รองลงมาเป็นโพแทสเซียม ไนโตรเจน แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 1.60 1.28 0.22 และ 0.18 กรัม ตามลำดับ และจุลธาตุอาหาร ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี เท่ากับ 6.20 3.13 1.34 และ 3.51 มิลลิกรัม ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ด มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 2.91 กรัม รองลงมาเป็นแคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.64 0.63 0.24 และ 0.24 กรัม ตามลำดับ ส่วนจุลธาตุอาหาร พบว่า มีเหล็กสูงที่สุด เท่ากับ 4.51 มิลลิกรัม สำหรับส่วนของเนื้อมะขามหวานนั้น พบว่า มีปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 4.09 กรัม เช่นเดียวกับรสมะขามที่มีโพแทสเซียมสูงที่สุด เท่ากับ 0.30 กรัม

Table 3 Average of nutrient content in one-kilogram of sweet tamarind fruit

Fruit part	N (g)	P (g)	P ₂ O ₅ (g)	K (g)	K ₂ O (g)	Ca (g)	Mg (g)	Fe (mg)	Mn (mg)	Cu (mg)	Zn (mg)
Peel	1.28	0.18	0.40	1.60	1.93	3.48	0.22	6.20	3.13	1.34	3.51
Seed	2.91	0.24	0.54	0.63	0.75	0.64	0.24	4.51	4.03	0.82	4.46
Fiber	0.16	0.03	0.07	0.30	0.36	0.07	0.07	0.52	0.64	0.09	0.43
Pulp	1.48	0.32	0.72	4.09	4.92	0.42	0.57	4.15	6.52	0.53	2.95
Total	5.83	0.76	1.74	6.61	7.97	4.61	1.10	15.38	14.31	2.78	11.35

ดังนั้นเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตมะขามหวานฝักสดหนัก 1 กิโลกรัม พบว่า มะขามหวานพันธุ์สีทองจะสูญเสียธาตุอาหารหลักและรอง ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 5.83 0.76 6.61 4.61 และ 1.10 กรัม ตามลำดับ และจุลธาตุอาหาร ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี เท่ากับ 15.38 14.31 2.78 และ 11.35 มิลลิกรัม

ตามลำดับ (Table 3) ทั้งนี้เมื่อนำมาคำนวณเป็นปริมาณธาตุอาหารในรูปของปุ๋ย พบว่า ธาตุอาหารหลักที่สูญเสียไปกับผลผลิตมะขามหวานฝักสดหนัก 1 กิโลกรัม เท่ากับ 5.83-1.74-7.97 กรัม N-P₂O₅-K₂O หรือคิดเป็นเรโซปุ๋ยเท่ากับประมาณ 3:1:5

สรุป

ดินสวนมะขามหวานพันธุ์สีทอง ที่ปลูกในตำบลตะเบา อำเภอมือง จังหวัดเพชรบูรณ์มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง และมะขามหวานมีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูงในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและการสร้างดอก ส่วนระยะการให้ผลผลิตนั้น มะขามหวานผลผลิตฝักสดหนัก 1 กิโลกรัม มีการดูดใช้ธาตุอาหารหลักซึ่งคิดเทียบเป็นปริมาณธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยที่ต้องสูญเสียไปกับผลผลิตที่ถูกเก็บเกี่ยว เท่ากับ 5.83-1.74-7.97 กรัม N-P₂O₅-K₂O หรือคิดเป็นเรโซปุ๋ยประมาณ 3:1:5 นอกจากนี้มะขามหวานมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงสุดในระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและสร้างดอก ขณะที่ความเข้มข้นของโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นในระยะการให้ผลผลิต สำหรับฟอสฟอรัสมีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม อย่างไรก็ตาม ควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมมากขึ้น โดยเพิ่มจำนวนการเก็บตัวอย่าง จำนวนสวน และจำนวนพันธุ์ของมะขามหวาน เพื่อให้การประเมินสถานะของธาตุอาหารมีความแม่นยำและเหมาะสมในการใช้ในการจัดการปุ๋ยและธาตุอาหารพืชมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2561. มะขาม: ปีเพาะปลูก 2561.

<http://www.agriinfo.doae.go.th/year62/plant/rortor/fruit/tamarine.pdf>, 13 ธันวาคม 2565.

กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชสวนและไม้ยืนต้น. 2545. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยพืชสวนอย่างมี

ประสิทธิภาพ. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2544. คู่มือวิเคราะห์ดินและพืช.

ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เทคโนโลยีชาวบ้านออนไลน์. 2561. ทำไมแหล่งมะขามหวานคุณภาพดีต้องอยู่ที่ จ. เพชรบูรณ์ เกษตรกรมีอาชีพมี

คำตอบ. https://www.sentangsedtee.com/farming-trendy/article_72559, 10 ธันวาคม 2565.

นันทรัตน์ สุภกานิต. 2545. การประเมินความต้องการและระดับธาตุอาหารของดินจี้โดยการวิเคราะห์พืช. ศูนย์วิจัยพืช

สวนเชียงราย กรมวิชาการเกษตร. เชียงราย.

นันทลี เอียนโรสง, ราไฟ นามพิลา, สมยศ มีทา, สุภัทร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา, พงษ์ศักดิ์ ยั้งยืน, สังคม เตชะวงศ์เสถียร.

2561. ผลของการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในผลผลิตต่อคุณภาพผลผลิตส้มโอฟันธุ์มณีอีสาน.

วารสารแก่นเกษตร 46: 459-468.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2557. เอกสารเผยแพร่การผลิตมะขามหวาน. กองบริหารและงบประมาณการวิจัย. กรุงเทพฯ.

- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron J.* 54: 464–465.
doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x
- Bray, R.H., Kurtz, N. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39–45.
- Bremner, J.M. 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *J. Agric. Sci.* 55: 11–33.
- Davis, L.E. 1943. Measurements of pH with the glass electrode as affected by soil moisture. *Soil Sci.* 56: 405–422.
- El-Siddig, K., Gunasena, H.P.M., Prasad, B.A., Pushpakumara, D.K.N.G., Ramana, K.V.R., Vijayanand, P., Williams, J.T. 2006. Tamarind (*Tamarindus indica* L.). Fruits for the future 1-revised (International Centre for Underutilised Crops, Southampton, UK).
- Esther, E.O., John, D.K., Philip, N., Dorothy, N., Antony, M. 2020. Nutritional potential of tamarind (*Tamarindus indica* L.) from semi-arid and subhumid zones of Uganda. *J. Food Meas. Charact.* 14: 1125–1134.
doi.org/10.1007/s11694-019-00362-7
- Gianquinto, G., Abu-Rayyan, A., Di Tola, L. 2000. Interaction effects of phosphorus and zinc on photosynthesis, growth and yield of dwarf bean grown in two environments. *Plant Soil* 220: 219–228.
doi.org/10.1023/A:1004705008101
- Gomathinayagam, S., Tewari, B.B., Rekha, G. 2017. Heavy Metal and Phytochemical Studies of Crude Leaf Extract of Tamarind (*Tamarindus Indica*). *Int. J. Adv. Life Sci.* 7: 1–4. doi: 10.5923/j.als.20170701.01.
- Lindsay, W.L., Norbell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci Soc. Am. J.* 42:421–428.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic matter. In: Page, A.L. (Eds.). *Methods of soil analysis Part 2. Chemical and Microbiology Properties.* Agronomy Monograph 9(2nd) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 539–579.
- Patterson, R.A. 2001. Consideration of soil salinity when assessing land application of effluent.
<http://projects.mans.edu.eg/heepf/ilppp/cources/12/pdf%20course/1/pressure/osmotic%20soil%20salinity.pdf>, 22 January 2023.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, In: Black, C.A. (Eds.). *Methods of Soil Analysis. Part II.* Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin. pp. 1022–1030.
- Rao, Y.S., Mathew, M., Potty, S.N. 1999. Tamarind (*Tamarindus indica* L.) research - a review. *India J. arecanut spices Medicinal plants.* 1: 127–145.
- Rayment, G.E., Higginson, F.R. 1992. *Australian laboratory handbook of soil and water chemical methods.* Inkata press. Melbourne.
- Sadiq, I.S., Duruminiya, N.I., Balogun, J.B., Kwada, D., Izuagie, T. 2016. Nutritional and Anti-nutritional Value of Tamarind Fruit (*Tamarindus indica*). *J. Appl. Res. Technol.* 5: 50–56.
- Xie, K., Cakmak, I., Wang, S., Zhang, F., Guo, S. 2021. Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plant. *Crop J.* 9:249-256. doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005

การประเมินลักษณะทางพันธุกรรมของผักหนาม : *Lasia Spinosa* โดยใช้เทคนิคอาร์เอพีดี
Evaluation of genetic characterization of *Lasia Spinosa* using random amplification of
polymorphic DNA (RAPD)

สุพิชญา ตรีบุญเมือง^{ก*}, ราตรี จินตนา^ข, โสภิตา สุทธิไกร^ข, กิตติยา ศรีศักดิ์วัฒนะ^ข, วรณวิภา สุทธิไกร^ข
Supitchaya Treebonmuang^{ก*}, Ratre Jintana^ข, Sopita Suttikrai^ข, Kitiya Srisukwattana^ข, Wanwipa Suttikrai^ข

^กภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^ขโรงพยาบาลปศุสัตว์-ศูนย์ฝึกนิสิตฯ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^กResearcher, Pathology Department, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Thailand.

^ขResearcher, Large Animal Hospital and Students Training Center, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Thailand.

*Corresponding author. E-mail address: maisupitc1@gmail.com

บทคัดย่อ

ผักหนาม (*Lasia spinosa*) เป็นพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ในกิจการปศุสัตว์เพื่อเสริมการเจริญเติบโตและบำรุงพันธุ์สัตว์ วัตถุประสงค์ครั้งนี้เพื่อประเมินลักษณะทางพันธุกรรมกลุ่มผักหนาม 3 สายพันธุ์ กับสมุนไพรเปรียบเทียบ ด้วยเทคนิคอาร์เอพีดี (RAPD) โดยการสกัดดีเอ็นเอตัวอย่างด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอพืชสำเร็จรูป แล้วนำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาศึกษา เพื่อประเมินลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้ไพรเมอร์แบบสุ่ม 30 ไพรเมอร์ ตรวจสอบดีเอ็นเอเบื้องต้นด้วยอะกาโรสอิเล็กโตรโฟรีซิส แล้ววิเคราะห์ด้วย QIAxcel ผลการวิเคราะห์ 30 ไพรเมอร์พบว่ามี 20 ไพรเมอร์พบแถบดีเอ็นเอผักหนามทั้ง 3 สายพันธุ์ รูปแบบดีเอ็นเอที่พบ 2-40 รูปแบบ ขนาดที่พบตั้งแต่ 110-2110 bp การศึกษาครั้งนี้ สามารถจำแนกได้ 6 กลุ่มไพรเมอร์ที่พบได้โดยแบ่งจากกลุ่มไพรเมอร์ที่พบดีเอ็นเอได้ทั้ง 3 สายพันธุ์ (C1,C2,C3) และกลุ่มไพรเมอร์ที่พบแถบดีเอ็นเอจำเพาะแต่ละสายพันธุ์ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสามารถแยกพันธุ์ผักหนามกับสมุนไพรเปรียบเทียบได้ จากการศึกษาค้นคว้าสามารถนำไพรเมอร์ที่จำเพาะแต่ละสายพันธุ์นั้น ไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาความจำเพาะของผักหนาม *Lasia spinosa* ต่อไป

คำสำคัญ: ผักหนาม, พืชสมุนไพร, ลักษณะทางพันธุกรรม, อาร์เอพีดี

Abstract

Lasia spinosa is herb plant to enhance the growth and animal breeding. The purpose of this study was to characterize the genetic of *Lasia spinosa* compared to comparative herbs using RAPD technique. DNA samples were extracted using plant DNA extraction kit and characterized with 30 pairs of RAPD primers, followed by gel electrophoresis and capillary electrophoresis (QIAxcel). Twenty out of 30 primers were detected in all 3 lines Two to forty patterns were detected, ranging from 110-2110 bp. The primers used in this study can be categorized into 3 groups based on bands found in all 3 lines (C1, C2, C3) and bands specific for each lines. When analyzing the genetic relationship, it was possible to separate groups of *Lasia spinosa* from comparative herbs. The results of this study suggest that these primers can be used in further studies to determine the specificity of *Lasia spinosa*.

Keywords: Genetic characterization, Herbs, *Lasia spinosa*, RAPD

คำนำ

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาจะใช้ลักษณะภายนอกที่ปรากฏเป็นเกณฑ์การจำแนกที่จำเพาะในพืชสมุนไพรแต่ละชนิด ได้แก่ ลักษณะรูปร่าง สี (ปรีชา, 2551) ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในพืชที่มีลักษณะภายนอกที่ใกล้เคียงกันมากจนไม่สามารถแยกชนิดของพืชได้ หรือพืชที่มีลักษณะภายนอกที่แตกต่างกันชัดเจนแต่อาจเป็นพืชชนิดเดียวกันได้ ดังนั้นการนำเทคนิคการตรวจสอบทางพันธุกรรม มาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการจำแนกชนิดของพันธุ์พืช จึงมีความจำเป็น (สมพร, 2528) เครื่องหมายอาร์เอพีดี (RAPD, Random Amplified Polymorphic DNA) เป็นเทคนิคที่ใช้ไพรเมอร์ที่มีลำดับเบสขนาดสั้น 8-12 เบส แบบสุ่ม พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบความแตกต่างของสิ่งมีชีวิต ด้วยหลักการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยปฏิกิริยาลูกโซ่ หรือ พีซีอาร์ (PCR) (William et al., 1990) และเป็นเทคนิคการตรวจสอบทางพันธุกรรมเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการจำแนกพันธุ์พืช มีความแม่นยำกว่าการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของพืช (morphological) ที่มักผันแปรไปตามสิ่งแวดล้อม ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีการจัดเรียงตัวของลำดับเบสของดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน หากไพรเมอร์นั้นมีเบสคู่สมกับดีเอ็นเอพืชที่นำมาทดสอบจะจำลองดีเอ็นเอต้นแบบขึ้น ดังนั้นถ้าพืชที่นำมาทดสอบ มีความแตกต่างกันของสารพันธุกรรมจะมีรูปแบบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน จำนวนชิ้นส่วนดีเอ็นเอแตกต่างกัน จึงสามารถนำมาใช้เป็นมาร์คเกอร์ได้ (วิชัย, 2541; สุธีพร, 2546 และสุรินทร์, 2552)

ผักหนาม (*Lasia spinosa*) เป็นพืชสมุนไพรที่นำมาใช้เพื่อเสริมการเจริญเติบโตและบำรุงพันธุ์สัตว์ ที่เกษตรกรนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์พันธุ์ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันทั้งลักษณะภายนอกที่พบและการประยุกต์ใช้งาน โดยมีการศึกษาการใช้ผักหนามแต่ละสายพันธุ์เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์พันธุ์ของแกะ พบว่ามีความแตกต่างกัน และให้ข้อแนะนำว่าควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในระดับโมเลกุล (Ratree et al., 2021) โดยมีการศึกษาพบสารออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเพศชาย (Testosterone) และสารคล้ายฮอร์โมนเพศหญิง (estradiol) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงสัตว์ได้อย่างกว้างขวาง ได้แก่ โค กระบือ สุกร และ ไก่ เป็นต้น (สมพร และคณะ, 2556; วรณวิภา และคณะ, 2550) การสำรวจผักหนาม ที่เกษตรกรนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ด้านการปศุสัตว์นั้น พบว่าผักหนามแต่ละท้องถิ่นที่มีลักษณะภายนอกที่มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะลักษณะรูปร่างของใบ ที่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด (วรณวิภา และคณะ, 2549; Ratree et al, 2021) ด้วยเหตุนี้ ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของผักหนามที่พบในประเทศไทย โดยการตรวจสอบดีเอ็นเอของผักหนามด้วยเครื่องหมาย RAPD ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์ได้เบื้องต้นถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมของผักหนามแต่ละชนิดเพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะภายนอกที่พบเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานด้านการเพิ่มความสมบูรณ์พันธุ์ในการปศุสัตว์ วัตถุประสงค์การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อการเปรียบเทียบความแตกต่างลักษณะภายนอก (morphology) ลักษณะความแตกต่างทางพันธุกรรม (genetic) ของพืชสมุนไพรผักหนาม 3 สายพันธุ์ที่พบในประเทศไทย เพื่อประโยชน์ด้านศึกษาลักษณะพันธุ์พืช และประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านการนำไปใช้เป็นอาหารเสริม เพื่อการบำรุงพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่าง และการเตรียมตัวอย่างพืช

ทำการเก็บตัวอย่างที่ศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.สระบุรี พืชผักหนามทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ (*Lasia spinosa* (L) Thw.(C1), *Lasia* sp.(C2) , *Lasia concinna* (Alderw) (C3) จากนั้นเตรียมตัวอย่างผักหนาม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของตัวอย่างที่ได้มาจากการศึกษาความสมบูรณ์พันธุ์เพศผู้ในส่วนของลำต้นใต้ดิน บดให้เป็นผงละเอียด (วรณวิภา และคณะ, 2550) เพื่อนำมาสกัดดีเอ็นเอในลำดับต่อไป และใช้พืชเปรียบเทียบจำนวน 2 ชนิด คือ:

กระชายดำ (C4): *Kaempferia parviflora* และเอื้องหมายนา (C5): *Costus speciosus* (Koen.) ซึ่งพืชสมุนไพรที่เกษตรกรนำมาใช้เพิ่มความสมบูรณ์พันธุ์เพศผู้ มาทำการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมสมุนไพรเพื่อการเปรียบเทียบด้วย

การสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างพืช

ซึ่งตัวอย่างพืชสมุนไพรผักหนามทั้ง 3 สายพันธุ์และพืชสมุนไพรเพื่อนำมาเปรียบเทียบ น้ำหนักประมาณ 0.5–1.0 กรัม มาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดสำเร็จรูปของพืช (Plant Genomic DNA Mini Kit, Geneaid) จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้ ด้วยวิธี electrophoresis โดยเตรียม 1.5% agarose gel และตรวจสอบด้วยวิธีการดูคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร(OD_{260}) แล้วหาค่า $(OD_{260}) / (OD_{280})$ มีค่าประมาณ 1.7–1.9 แสดงว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้มีคุณภาพดี (สุรินทร์, 2545) เก็บตัวอย่างดีเอ็นเอที่สกัดได้ใน -20°C จนกว่าจะใช้งาน

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมายอาร์เอพีดี

ไพรเมอร์ที่ใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาอาร์เอพีดี เป็นไพรเมอร์ขนาด 10 เบส ที่ออกแบบและผลิตโดย Operon Technologies (Alameda, CA, USA) จำนวน 30 ไพรเมอร์ ได้แก่ OPA1 OPA4 OPA7 OPA10 OPB5 OPB17 OPC4 OPC7 OPC13 OPD2 OPD9 OPG6 OPJ19 OPB12 OPH6 OPI9 OPK2 OPN7 OPN8 OPL14 OPQ4 OPR1 OPS7 OPT13 OPU5 OPO9 OPY13 OPAA13 OPAD10 และ OPE9 ในการเพิ่มชิ้นส่วนดีเอ็นเอ PCR-RAPD ส่วนประกอบของปฏิกิริยาพีซีอาร์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ซึ่งประกอบด้วยสารต่างๆ ดังนี้ สารละลายดีเอ็นเอ (50 ng/ul) ปริมาตร 2.0 ไมโครลิตร, 10x buffer 2.0 ไมโครลิตร, MgCl_2 (25 nM) 2.0 ไมโครลิตร, dNTP mix (2nM) 2.0 ไมโครลิตร, ไพรเมอร์ (5uM/ul) (Invitrogen, USA), 0.1 ไมโครลิตร และเติมน้ำกลั่นบริสุทธิ์จนได้ปริมาตรรวม 20 ไมโครลิตร จากนั้นทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ โดยตั้งอุณหภูมิ 3 ขั้นตอน ได้แก่ (1) อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที จำนวน 1 รอบ (denature) (2) อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที (annealing) อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที จำนวน 35 รอบ (denature) (3) อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จำนวน 10 รอบ แล้วเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส (สุรินทร์, 2545) จากนั้นทำการตรวจสอบดีเอ็นเอ (pcr product) ด้วยเจลอิเล็กโตโฟลิซิสเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ และตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเอเพื่อศึกษารูปแบบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้น ด้วยเครื่อง capillary electrophoresis : QIAxel (Qiagen) บันทึกไว้เพื่อการวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

ทำการเปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากการตรวจสอบด้วยเทคนิค RAPD โดยนำแถบดีเอ็นเอในแต่ละตัวอย่างของผักหนามมาเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของแถบดีเอ็นเอทั้งหมด โดยกำหนดแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ (present) แทนเป็น 1 ส่วนแถบดีเอ็นเอที่ไม่ปรากฏ แทนเป็น 0 นำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความเหมือน (similarity index) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป NTSTS-pc รุ่น 2.1 คำนวณค่าความเหมือนทางพันธุกรรม (genetic similarity) และสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ (dendrogram) โดยวิธีการจัดกลุ่มแบบ UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean (Rohlf, 2002))

ผลและวิจารณ์การทดลอง

จากการสำรวจและทำการศึกษาดังกล่าวแล้วพบว่าผักหนามมีลักษณะภายนอกโดยส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกันมาก มีความแตกต่างกันเฉพาะใบที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด จึงสามารถแบ่งได้ 3 ชนิดตามลักษณะภายนอกที่พบ (Ratree, 2021) ได้แก่ ชนิดใบเว้าลึก แฉกน้อยกว่า (*Lasia spinosa* Thw.: C1) ชนิดรูปลูกศรขอบ

ใบเรียว (*Lasia sp.*: C2) และชนิดใบเว้าตื้น (*Lasia concinna* Alderw.:C3) (Fig. 1) จึงทำให้คณะผู้วิจัย มีความสนใจ ลักษณะภายนอกที่พบ นำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยเทคนิค RAPD



Fig. 1 Morphology of 3 species of *Lasia spinosa* found in Thailand. (Ratree et al., 2021)

ผลการสกัดดีเอ็นเอ

ผลการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างพืชสมุนไพร ทั้ง 5 ชนิด (ผักหนาม 3 ชนิดและสมุนไพรเปรียบเทียบ 2 ชนิด) โดยตรวจสอบคุณภาพดีเอ็นเอและวัดปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้ 2 วิธีคือ การเรืองแสงของดีเอ็นเอ โดยใช้ 1.5% agarose gel และใช้เครื่อง spectrophotometer พบปริมาณแถบดีเอ็นเอจากตัวอย่างที่สกัดได้ ดัง Fig. 2 เมื่อทำการตรวจคุณภาพโดยวัดค่าความเข้มข้นของดีเอ็นเอที่สกัดได้ เท่ากับ 59.82–116.74 ng/ml ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปศึกษา RAPD ได้ในลำดับต่อไป

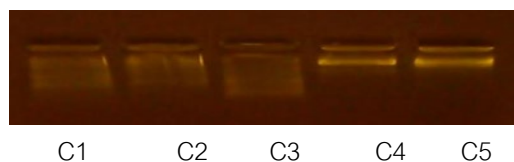


Fig. 2 DNA extraction of all five samples in this study; C1: *Lasia spinosa* (L) Thw., C2: *Lasia sp.*, C3: *Lasia concinna* Alderw., C4: *Kaempferia parviflora.*, C5: *Costus speciosus* (Koen.)

การเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอ ด้วย ไพรเมอร์อาร์เอพีดี

ผลจากการตรวจวิเคราะห์หาความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ใช้เทคนิค RAPD เพื่อหาไพรเมอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอในพืชแต่ละชนิด จำนวน 30 ไพรเมอร์ ในการทดสอบกับผักหนาม 3 สายพันธุ์ *Lasia spinosa* (L) Thw.(C1), *Lasia sp.* (C2), *Lasia concinna* Alderw (C3) และสมุนไพรเปรียบเทียบคือ กระชายดำ (C4) และเอื้องหมายนา (C5) และ พบลักษณะแถบดีเอ็นเอที่สามารถเพิ่มชิ้นส่วนดีเอ็นเอในพืชที่วิเคราะห์ด้วย gel electrophoresis พบดัง Fig. 3 ซึ่งแสดงตัวอย่างการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (PCR product) ในตัวอย่างผักหนาม C1, C2, C3 และ สมุนไพรเปรียบเทียบ C4, C5 จากนั้นเมื่อทำการตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเอเพื่อศึกษารูปแบบดีเอ็นเอที่ปรากฏด้วยวิธี capillary electrophoresis (CE) ด้วยเครื่อง QIAxel (Qaigen) เป็นการเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์รูปแบบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้น ดังตัวอย่างที่แสดง Figure4 เป็นการแสดงถึงรูปแบบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นในไพรเมอร์ OPB5 และ OPB17 ที่พบในพืชสมุนไพร 5 ชนิด (C1, C2, C3, C4, C5) เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี CE และ Fig. 5 เป็นตัวอย่างที่แสดงถึงการวิเคราะห์ดีเอ็นเอแต่ไม่พบแถบดีเอ็นเอในตัวอย่างผักหนามทั้ง 3 สายพันธุ์ของไพรเมอร์ OPE9 แต่สำหรับในไพรเมอร์ OPJ19 นั้นพบ

แถบดีเอ็นเอในผักหนามพันธุ์ C1 และ C3 ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลโดยรวมจากศึกษาไพรเมอร์ทั้งหมด 30 ไพรเมอร์ ในพืชที่ศึกษาทั้งผักหนามและสมุนไพรร่วมเทียบ พบว่ามีจำนวน 20 ไพรเมอร์ ที่สามารถเพิ่มจำนวนหรือพบแถบดีเอ็นเอได้ (OPA1 OPA4 OPA7 OPA10 OPB5 OPB17 OPC4 OPC7 OPC13 OPD2 OPQ4 OPG6 OPJ19 OPR1 OPB12 OPS7 OPT13 OPU5 OPAA10 OPAA13) โดยขนาดดีเอ็นเอที่พบมีตั้งแต่ 110-2110 bp มีรูปแบบดีเอ็นเอที่พบมีตั้งแต่ 2 - 40 แถบดีเอ็นเอ ซึ่งพบว่า OPA7 เป็นตำแหน่งที่มีจำนวนแถบดีเอ็นเอสูงสุด ไพรเมอร์ OPD9 และ OPH6 พบจำนวนแถบดีเอ็นเอ น้อยที่สุด ซึ่งพบไพรเมอร์ที่ไม่สามารถเพิ่มขึ้นส่วนดีเอ็นเอได้จำนวน 10 ไพรเมอร์ ได้แก่ OPD9 OPE9 OPH6 OPI9 OPK2 OPN7 OPN8 OPL14 OPAD10 OPY13 (จำแนกเป็นกลุ่มที่ 6 ใน Table 1) แสดงถึงความไม่เหมาะสมของไพรเมอร์เหล่านี้ในการนำมาใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอสำหรับศึกษาผักหนามทั้ง 3 พันธุ์ ดังนั้น จึงสามารถแบ่งกลุ่มไพรเมอร์ที่เกิดรูปแบบดีเอ็นเอแตกต่างกันดังแสดงใน Table 1 ดังนี้คือ *กลุ่มที่ 1* คือกลุ่มไพรเมอร์ที่สามารถเพิ่มดีเอ็นเอได้ทั้ง C1, C2, C3 ได้แก่ OPA1 OPA4 OPA7 OPA10 OPB5 OPB17 *กลุ่มที่ 2* เป็นกลุ่มไพรเมอร์ที่เพิ่มดีเอ็นเอเฉพาะพืชพันธุ์ C1 และ C3 ได้แก่ OPM4 OPC7 OPD2 OPJ19 OPQ4 OPU5 OPAA10 OPC11 ซึ่งไพรเมอร์ในกลุ่มนี้สามารถใช้เป็นไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะต่อผักหนามพันธุ์ C2 ได้ด้วยเช่นกัน *กลุ่มที่ 3* เป็นกลุ่มไพรเมอร์ที่เพิ่มดีเอ็นเอเฉพาะพืชพันธุ์ C1 ได้แก่ OPS7 OPAA13 *กลุ่มที่ 4* เป็นกลุ่มไพรเมอร์ที่เพิ่มดีเอ็นเอเฉพาะพืชพันธุ์ C2 ได้แก่ OPG6 *กลุ่มที่ 5* เป็นกลุ่มไพรเมอร์ที่เพิ่มดีเอ็นเอเฉพาะพืชพันธุ์ C3 ได้แก่ OPB12 OPR1 OPR13 และจากการวิเคราะห์ผลใน Table 1 แสดงให้เห็นถึง การให้รูปแบบดีเอ็นเอที่มีความจำเพาะ ของไพรเมอร์ต่อผักหนามแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งสามารถเลือกใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ ดีเอ็นเอจำเพาะเจาะจงต่อชนิดพันธุ์พืชผักหนามได้

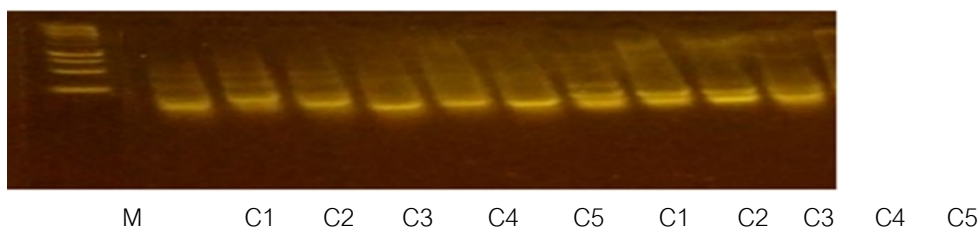


Fig. 3 DNA fragments from PCR product by RAPD primer of OPA1 and OPA4 in all five samples (C1-C5)

Fig. 3 แสดงตัวอย่างการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (PCR product) พืชสมุนไพรร่วม 5 ชนิด ได้แก่ ผักหนาม 3 ชนิด (C1, C2, C3) กระชายดำ (C4) และ เอื้องหมายนา (C5) และ ใน RAPD markers ที่ตำแหน่ง OPB5 OPB17



Fig. 4 DNA pattern by RAPD markers of OPB5 and OPB17 from five plants showed DNA bands in C1, C2, C3 (red arrows), C4 and C5.(blue arrows)

Fig. 5 แสดงตัวอย่างการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (PCR product) พืชสมุนไพรรวมทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ผักหนาม 3 ชนิด (C1, C2, C3) กระชายดำ (C4) และเอื้องหมายนา (C5) และ ใน RAPD markers ที่ไพรเมอร์ OPE9 แสดงผลของไพรเมอร์ที่ไม่สามารถเพิ่มดีเอ็นเอได้ในผักหนามทั้ง 3 สายพันธุ์ และไพรเมอร์ OPJ19 พบแถบดีเอ็นเอเฉพาะผักหนามพันธุ์ C1 และ C3 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมและความจำเพาะของไพรเมอร์ในการนำมาศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมเบื้องต้นของผักหนามทั้ง 3 สายพันธุ์นี้

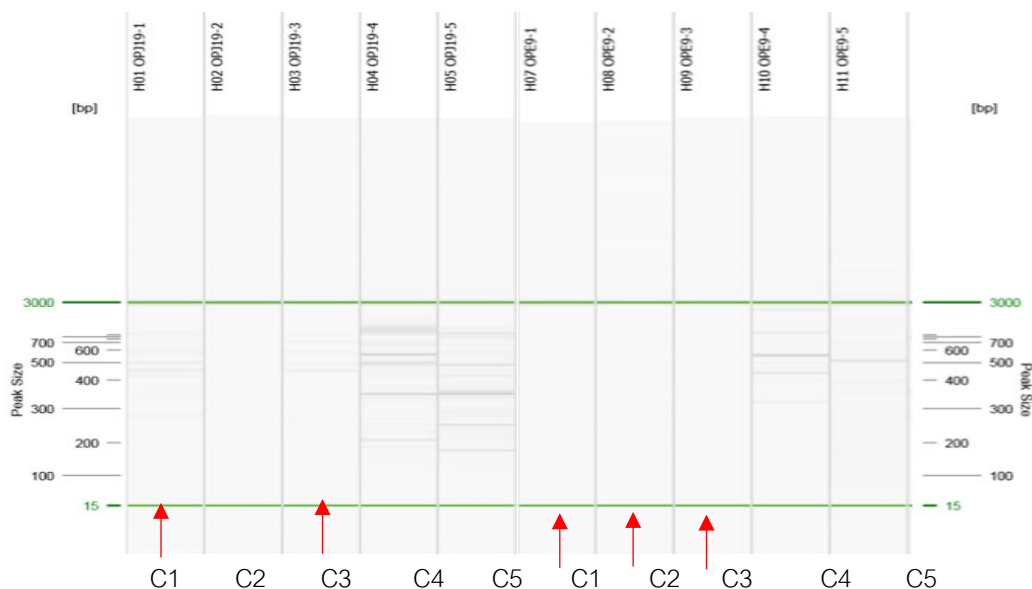


Fig. 4(b) DNA pattern by RAPD markers of OPJ19 from five plants showed no DNA bands in C2 and of OPE9 showed no bands in C1, C2 and C3 (arrows)

Table 1 Number of DNA bands found in 3 varieties of *Lasia spinosa* obtained from RAPD analysis

Group	DNA patten in Species			Primers	Apply for species
	C1	C2	C3		
1	*	*	*	OPA1 OPA4 OPA7 OPA10 OPB5 OPB17	-
2	*	-	*	OPM4 OPC7 OPD2 OPJ19 OPQ4 OPU5 OPAA10 OPC11	C2
3	*	-	-	OPS7 OPAA13	C1
4	-	*	-	OPG6	C2
5	-	-	*	OPB12 OPR1 OPT13	C3
6	-	-	-	OPD9 OPE9 OPH6 OPI9 OPK2 OPN7 OPN8 OPL14 OPAD10 OPY13	-

*Characteristics of DNA bands found in each species for studying markers that can be further studied for specificity in plants.

ผลการประเมินค่าความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

จากการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมโดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนที่ลดคู่แล้วนำไปสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในรูปแบบ phylogenetic tree ด้วยวิธี UPGMA โดยที่ ค่า similarity coefficient ที่ได้ หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดง ว่ามี ความแตกต่างทางพันธุกรรมน้อย ส่วนค่าที่เข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความแตกต่างทางพันธุกรรมมาก ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูล ในการวิเคราะห์ cluster analysis เพื่อจัด กลุ่มสายต้นตามความ ใกล้ชิดทางพันธุกรรม (dendrogram) ดังแสดง Fig. 5

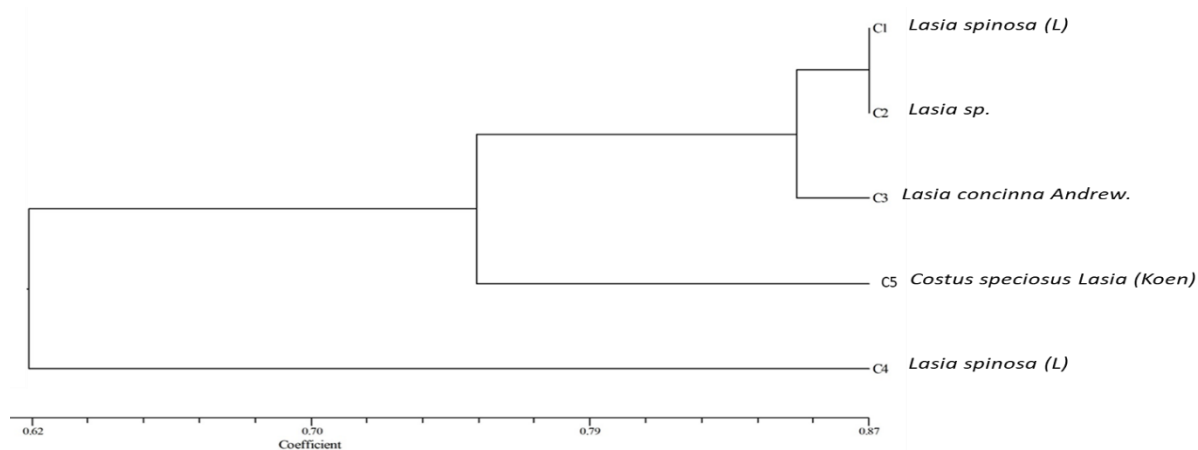


Fig. 5 Dendrogram of the genetic relationship; C1: *Lasia spinosa* (L) Thw., C2: *Lasia* sp., C3: *Lasia concinna* (Alderw) and herb of comparison with C5: *Costus speciosus* (Koen.) and C4 *Kaempferia parviflora*.

การหาค่าความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมอาศัยโปรแกรมวิเคราะห์ NTSYS-pc2.1 ตามวิธีของ Rohlf (2000) พบว่ากลุ่มความสัมพันธ์ฝั๊กหนามทางพันธุกรรมสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยฝั๊กหนาม 3 สายพันธุ์ที่ C1: *Lasia spinosa* (L) Thw., ฝั๊กหนามพันธุ์ C2: *Lasia* sp. และฝั๊กหนามพันธุ์ C3: *Lasia concinna* (Alderw) ในการศึกษา

ในกลุ่มนี้พบความแตกต่างกันทางพันธุกรรมระหว่าง 3 สายพันธุ์นี้ มีความใกล้เคียงกันมากโดยเฉพาะพันธุ์ C1 และ C2 มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมมากที่สุด กลุ่มที่ 2 สมุนไพรเปรียบเทียบกระชายดำ (C4) และกลุ่มที่ 3 สมุนไพรเปรียบเทียบเอื้องหมายนา (C5) ซึ่งระยะห่างทางพันธุกรรมของผักหนามทั้ง 3 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพืชสมุนไพรอยู่ระหว่าง 0.62-0.87 ซึ่งพบว่าผักหนามพันธุ์ C1 และ C2 มีความใกล้ชิดกันมากกว่าพืชอื่น ๆ โดยมีค่า $s = 0.87$ และเมื่อเปรียบเทียบกับ C3 มีค่า $s = 0.83$

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้ สามารถทราบลักษณะทางพันธุกรรมของผักหนามทั้ง 3 พันธุ์ จากการศึกษาด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ(RAPD)เบื้องต้น 30 ตำแหน่ง พบว่ามีเครื่องหมายที่มีความจำเพาะกับตัวอย่างผักหนามแต่ละชนิด 14 โพรเมอร์ซึ่งสามารถนำมาเป็นมาร์คเกอร์ในการบ่งชี้แต่ละชนิดของผักหนามได้ ทราบความใกล้ชิดทางพันธุกรรม (genetic distance) ของผักหนามที่พบในประเทศไทย สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางพันธุกรรม เพื่อวิจัยเชิงลึกในอนาคตได้ อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องยิ่งขึ้น ดังนี้คือ ควรมีการศึกษามาเพิ่มเติมในเครื่องหมาย RAPD ที่มีความจำเพาะแต่ละพันธุ์ เพื่อให้สามารถจำแนกลักษณะของผักหนามที่มีความใกล้ชิดกันทางพันธุกรรมได้ และเนื่องจากเทคนิค RAPD เป็นการใช่มาร์คเกอร์แบบสุ่ม มีข้อจำกัดในการทำซ้ำที่อาจจะได้แถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันได้ จึงควรมีการนำเทคนิคด้านอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ เช่น เทคนิค HAT-RAPD หรือ เทคนิค ID-RAPD เพื่อให้ได้ DNA marker ที่มีความจำเพาะและเหมาะสมสำหรับแยกกลุ่มผักหนามทั้ง 3 สายพันธุ์ในการนำไปประยุกต์ใช้ด้านการปลูกสุ่มเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ ทางคณะผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย จากโครงการเงินทุนคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

- ปรีชา ประเทศา. 2551. การวิจัยยีน: GENE. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม.
- วิชัย บุญแสง, อัญชลีทัศนชาจร, ชัยณรงค์ วงศ์ธีรทรัพย์, นุสรา สิทธิดิถรัตน์, สกล พันธุ์ยิ้ม. 2541. ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จากสารพันธุกรรมสู่เทคโนโลยีพืชสูงนํ้าบุคคล. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.
- วรรณวิภา สุทธิไกร, ชาติรี จินตนา, สรรเพชญ์ โสภณ, มณีวรรณ กมลพัฒน. 2549. การใช้เทคนิค RIA ในการศึกษา Phytoandrogen และ Phytoestrogen ในผักหนาม บอระเพ็ด เอื้องหมายนา และกระชายดำ. ใน: การประชุมสัมมนาวิชาการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ เพื่ออาหารปลอดภัยและเกษตรยั่งยืน. กรมวิชาการเกษตรและสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, โรงแรมรามาคาร์เดน, กรุงเทพฯ.
- วรรณวิภา สุทธิไกร. 2550. การนำสมุนไพรที่มี Phytoestrogen และ Phytoandrogen ไปใช้ในกิจการผลิตโคและกระบือ. ใน: การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2550. เซนทรัลเวสต์, กรุงเทพฯ, หน้า 1-20.
- สมพร ดวนใหญ่ และสุนทรพิพร ดวนใหญ่. 2556. ผักหนาม น้ำส่าเหล่า ไคจูเขา โคธรรมชาติที่จังหวัดอุบลราชธานี. <http://www.research.ac.th>, 13 มิถุนายน 2565.
- สมพร (ภูติยานันต์) หิรัญงามเดช. 2528. ตำราการตรวจพืชสมุนไพร เล่ม 1. เชียงใหม่. ศูนย์พิมพ์คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่

- สุรินทร์ ปิยะโชคนากุล. 2545. จีโนมและเครื่องหมาย DNA: ปฏิบัติการพีซีอาร์และเอเอฟแอลพี. ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- สุรินทร์ ปิยะโชคนากุล. 2552. เครื่องหมายดีเอ็นเอ: จากพื้นฐานสู่การประยุกต์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุริพร เกตุงาม. 2546. เครื่องหมาย DNA ในงานปรับปรุงพันธุ์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 5: 37-55.
- Ratree Jintana, Sopita Suttikrai, Nitira Anakkul, Wanvipa Suthikrai. 2021. Effects of *Lasia spinosa* Thw., *L. Concinna* alderw. And *L. sp.* on levels of plasma testosterone in crossbreeds dorper X Thai Native Rams. Thai J. Vet. Med. 51: 312-314.
- Rohlf, F.J. 2002. NTSYpc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, Applied Biostatistics, Inc. New York.
- Weier, T.E., Stocking C.R., Barbour, M.G. and Rost, T.L. 1982. Botany: An Introduction to Plant Biology, 6th edition. John Wiley and Sons. New York, NY, USA
- Williams, J.G.K., Kubelik, A.R., Livak, K.J., Rafalski, J.A., and Tingey, S.U. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 8: 6531-6535. doi: 10.1093/nar/18.22.6531

สาขาสัตว์

(Subject: Animals)



ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

ความหลากหลายของแมลงน้ำในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร Biodiversity of aquatic insects in Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok

อิทธิพัทธ์ บุญศิริโชคชัย, เอกวัต วิถีประดิษฐ์, อัญชญา ทานเจริญ, ประกาย ราชณูวงศ์, รัชฎาวรรณ เงินกลิ่น*
Ittiphat Boonsirichokchai, Akekawat Vitheepradit, Anchana Thancharoen, Prakai Rajchanu-Wong, Ratchadawan Ngoenklan*

ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrwn@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในแหล่งน้ำที่มีพืชน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากตัวอย่างแมลงน้ำ 1,079 ตัว จำนวน 8 ครั้ง จากเดือนกันยายน 2564 ถึง กุมภาพันธ์ 2565 พบอันดับ Hemiptera จำนวนมากที่สุดที่ 45.13% รองลงมาคืออันดับ Diptera, Odonata, Ephemeroptera และ Coleoptera ที่ 41.71% , 6.31% , 4.17% และ 2.68% ตามลำดับ แมลงน้ำในอันดับ Hemiptera ถูกจัดจำแนกได้ 9 วงศ์ ได้แก่ Notonectidae (55.44%) Gerridae (35.52%) Mesoveliidae (2.66%) Belostomatidae (2.47%) Micronectidae (1.23%) Naucoridae (1.02%) Helotrephidae (1.02%), Nepidae (0.41%) และ Veliidae (0.20%) จากการวิเคราะห์ดัชนีแซนนอน-วีเนอร์ (H') และดัชนีความสม่ำเสมอ (E') พบว่าแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่ของสวนรวมพรรณไม้เกียรติประวัติไทย มีความหลากหลายสูงสุด ($H'=2.08$, $E'=0.86$) ในขณะที่แหล่งน้ำข้างศูนย์การเรียนรู้เกี่ยวกับผึ้งมีความหลากหลายต่ำสุด ($H'=0.74$, $E'=0.33$) และแมลงน้ำอันดับ Hemiptera ในวงศ์ Gerridae มีความถี่สัมพัทธ์สูงสุด ($RF=0.87-1.00$)

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางชีวภาพ, แมลงน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Abstract

The objective of this study was to study the diversity of aquatic insects in ponds covered with aquatic plants (riparian zone) inside Kasetsart University. Results of from 1,079 specimens sampled covering 8-time samplings from September 2021 to February 2022 showed that order Hemiptera was the most abundant at 45.13%, followed by Diptera, Odonata, Ephemeroptera, and Coleoptera, at 41.71%, 6.31%, 4.17%, and 2.68%, respectively. In order Hemiptera, the specimens were identified to 9 families which were Notonectidae (55.44%), Gerridae (35.52%), Mesoveliidae (2.66%), Belostomatidae (2.47%), Micronectidae (1.23%), Naucoridae (1.02%), Helotrephidae (1.02%), Nepidae (0.41%) and Veliidae (0.20%). Based on the methods of Shannon-Wiener diversity index and Evenness index, the pond at Thai Commemorative Garden showed the highest diversity of insect fauna ($H'=2.08$, $E'=0.86$) while the pond at Bee Learning Center had the lowest diversity ($H'=0.74$, $E'=0.33$). Moreover, hemipteran aquatic insects in family Gerridae exhibited the highest Relative Frequency ($RF=0.87-1.00$).

Keyword: Aquatic insects, Biodiversity, Kasetsart University

คำนำ

แมลงน้ำเป็นกลุ่มแมลงที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำหรือมีบางระยะของการเจริญเติบโตในวงจรชีวิตอาศัยอยู่ในน้ำ และเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนความหลากหลายสูงภายในระบบนิเวศน้ำ ประกอบไปด้วย 12 อันดับ (Order) แต่แมลงน้ำบางอันดับเท่านั้นที่จัดเป็นกลุ่มแมลงน้ำแท้จริง (True aquatic insects) กล่าวคือมีระยะตัวอ่อนทุกระยะอาศัยอยู่ในน้ำ ได้แก่ แมลงชีปะขาว (อันดับ Ephemeroptera), แมลงสโตนฟลาย (อันดับ Plecoptera), แมลงปอ (อันดับ Odonata), แมลงหนอนปลอกน้ำ (อันดับ Trichoptera) และแมลงข้างกรามโต (อันดับ Megaloptera) (Ward, 1992) ซึ่งแมลงน้ำในอันดับ Ephemeroptera, Plecoptera และ อันดับ Trichoptera หรือเรียกว่า แมลงน้ำกลุ่ม EPT มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศน้ำจืดโดยเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ อันเนื่องมาจากแมลงน้ำกลุ่ม EPT มีความหลากหลายและความไวต่อมลพิษภายในน้ำค่อนข้างสูง (แตงอ่อน, 2554; พนมวรรณ และคณะ, 2555; Maneechan and Prommi, 2015; Srisuka et al., 2015) ดังนั้นการศึกษาแมลงน้ำส่วนใหญ่เป็นการศึกษาด้านความหลากหลายในเชิงจำนวนและชนิดของแมลงน้ำในแหล่งน้ำ ลักษณะการกินอาหาร (Functional Feeding Group) พฤติกรรมของแมลงน้ำ ปัจจัยคุณภาพน้ำ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม และองค์ประกอบโดยรอบของแหล่งน้ำที่มีความสัมพันธ์กับการกระจายตัวของแมลงน้ำแต่ละชนิด ซึ่งการทราบข้อมูลความหลากหลายของแมลงน้ำ สามารถสะท้อนถึงปัจจัยรอบแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี และสามารถนำมาเป็นความรู้พื้นฐานต่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ (บุญเสวีชัย, 2557; ปราบศึก, 2557; กิตติยา และคณะ, 2560; Laudee and Prommi, 2011)

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีนโยบายเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว หรือ Green University ซึ่งการจัดการคุณภาพน้ำเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึง เนื่องจากแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีลักษณะเป็นโครงข่ายเชื่อมต่อกัน (ศนิ, 2561) มีป้อนน้ำกระจายโดยรอบของมหาวิทยาลัย และมีการระบายน้ำลงสู่แหล่งน้ำ ด้วยเหตุนี้ คุณภาพของแหล่งน้ำจึงเป็นปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ (ปราบศึก, 2557; Pusey and Arthington, 2003) ที่ผ่านมามีรายงานการศึกษาแมลงน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยกนกภรณ์ (2554) และอัจฉราพร (2559) ที่ศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำที่สัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำ 3 แห่ง เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยแบ่งลักษณะแหล่งน้ำตามปริมาณของพีชีน้ำที่ครอบคลุม และการรบกวนของมนุษย์จากการระบายน้ำเสียลงแหล่งน้ำ ซึ่งพบว่าแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำต่ำ มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen: DO) ต่ำกว่า 3.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นแหล่งน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของแมลงน้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาศัยในน้ำ ได้แก่ แหล่งน้ำบริเวณสำนักพิพิธภัณฑสถานและวัฒนธรรมการเกษตร และแหล่งน้ำหลังสนามรักบี้ ในขณะที่แหล่งน้ำบริเวณอนุสาวรีย์สามบูรพาจารย์ น้ำมีค่า DO มากกว่า 3.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของแมลงน้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาศัยในน้ำ (กนกภรณ์, 2554) สอดคล้องกับผลวิเคราะห์หรืออิทธิพลของปัจจัยคุณภาพน้ำต่อความหลากหลายของแมลงน้ำโดยอัจฉราพร (2559) ที่พบว่าปัจจัยความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อค่า DO ของน้ำ และพบว่าแมลงน้ำจากแหล่งน้ำบริเวณอนุสาวรีย์สามบูรพาจารย์มีดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพแซนนอนวีเนอร์ (Shannon Index) ($H' 1.80-1.99$) สูงที่สุด โดยจากการศึกษาของกนกภรณ์ (2554) และอัจฉราพร (2559) พบแมลงน้ำจำนวน 5 อันดับ จำแนกได้ 23 วงศ์ แมลงอันดับที่พบมากที่สุดคือ อันดับ Hemiptera หรือมวนน้ำ (9 วงศ์) รองลงมาได้แก่ อันดับ Coleoptera หรือด้วงน้ำ (6 วงศ์) อันดับ Diptera (3 วงศ์) อันดับ Odonata (3 วงศ์) และอันดับ Ephemeroptera (2 วงศ์) และวงศ์แมลงน้ำในอันดับ Hemiptera ที่พบจำนวนมากได้แก่ Notonectidae (มวนวน), วงศ์ Gerridae (มวนจิงโจ้น้ำ), วงศ์ Hydrophilidae (แมลงเหนียง) แมลงน้ำในอันดับ Coleoptera ได้แก่วงศ์ Ephydriidae และแมลงน้ำในอันดับ Diptera ได้แก่ วงศ์ Culicidae (ตัวอ่อนของยุง)

ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างข้อมูลพื้นฐานด้านความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำตามบ่อน้ำภายในมหาวิทยาลัย การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการเพิ่มพื้นที่การศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในแหล่งน้ำที่มีพืชน้ำปกคลุมภายใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ให้ครอบคลุมมากขึ้น โดยมุ่งเน้นบ่อน้ำขนาดใหญ่ที่มีพืชน้ำปกคลุม จำนวน 5 แห่ง โดยเลือก แหล่งน้ำที่เคยมีการศึกษามาแล้ว 2 แห่ง ได้แก่ แหล่งน้ำข้างอนุสาวรีย์สามบูรพาจารย์ และแหล่งน้ำบริเวณสำนัก พิพิธภัณฑสถานและวัฒนธรรมการเกษตร และแหล่งน้ำที่ยังไม่เคยมีรายงานการศึกษามาก่อน 3 แห่ง ได้แก่ แหล่งน้ำด้านข้าง ของหอประชุมใหญ่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แหล่งน้ำในสวน 100 ปี หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ และแหล่งน้ำข้างศูนย์ การเรียนรู้เกี่ยวกับผึ้ง โดยสำรวจแมลงน้ำทั้งสองสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 เดือน (กันยายน 2564 ถึง กุมภาพันธ์ 2565) เพื่อเป็นองค์ความรู้พื้นฐานของมหาวิทยาลัยและการอนุรักษ์ความหลากหลายของแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยภายใต้ นโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียวหรือ Green University ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างแมลงน้ำภายในภาคสนาม ได้แก่ สวิงน้ำหรือ Aquatic D-net ที่มีขนาดรูตาข่าย 500 ไมโครเมตร, ปากคีบ (Forceps), ภาดพลาสติกสีขาว และขวดเก็บตัวอย่างบรรจุแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% เพื่อนำไปจำแนกในห้องปฏิบัติการ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Stereo microscope รุ่น OLYMPUS SZ51) และ คู่มือการจัดจำแนกชนิดของแมลงน้ำ (Yule and Sen, 2004)

ลักษณะพื้นที่และแหล่งน้ำที่ทำการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำ

เลือกแหล่งน้ำที่มีพืชน้ำขึ้นอยู่บริเวณรอบบ่อหรือมีพืชน้ำปกคลุม จำนวน 5 แห่ง (Fig. 1) ในแต่ละแหล่งน้ำแบ่ง การสำรวจออกเป็น 3 จุดสำรวจย่อยตามลักษณะหรือบริเวณที่ปรากฏพืชน้ำหรือพืชริมฝั่ง ได้แก่ แหล่งน้ำที่ 1 แหล่งน้ำ บริเวณด้านหลังอาคารสำนักพิพิธภัณฑสถานและวัฒนธรรมการเกษตร (S1) แหล่งน้ำที่ 2 บ่อน้ำบริเวณพื้นที่ของสวนรวมพรรณไม้เกียรติประวัติไทย (S2) แหล่งน้ำที่ 3 แหล่งน้ำด้านข้างของหอประชุมใหญ่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (S3) แหล่งน้ำที่ 4 แหล่งน้ำในสวน 100 ปี หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ (S4) และแหล่งน้ำที่ 5 แหล่งน้ำข้างศูนย์การเรียนรู้เกี่ยวกับผึ้ง (S5)

การเก็บตัวอย่างและจัดจำแนกระดับวงศ์ของแมลงน้ำภายในแหล่งน้ำในมหาวิทยาลัย

เก็บตัวอย่างแมลงน้ำแบบเชิงปริมาณ (Quantitative sampling) จากแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัย 5 จุด โดยทำการสำรวจทั้งสองสัปดาห์ระหว่างเดือนกันยายน 2564 ถึงกุมภาพันธ์ 2565 รวม 8 ครั้ง เก็บตัวอย่างแมลงน้ำ 3 บริเวณในแต่ละครั้งของการสำรวจ ได้แก่ การเก็บตัวอย่างตามพื้นที่ท้องน้ำขนานกับริมฝั่ง (Benthic), ขนานริมขอบฝั่ง (Margin) และตามผิวน้ำ (Water surface) นำตัวอย่างแมลงน้ำใส่ในขวดเก็บตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ 70% บันทึกข้อมูลสถานที่เพื่อนำไป จำแนกภายใต้ห้องปฏิบัติการ และจัดจำแนกตัวอย่างแมลงน้ำในระดับวงศ์ตามลักษณะสัณฐานวิทยา (Morphology) อ้างอิงตามคู่มือการจัดจำแนกชนิดของแมลงน้ำ (Yule and Sen, 2004) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

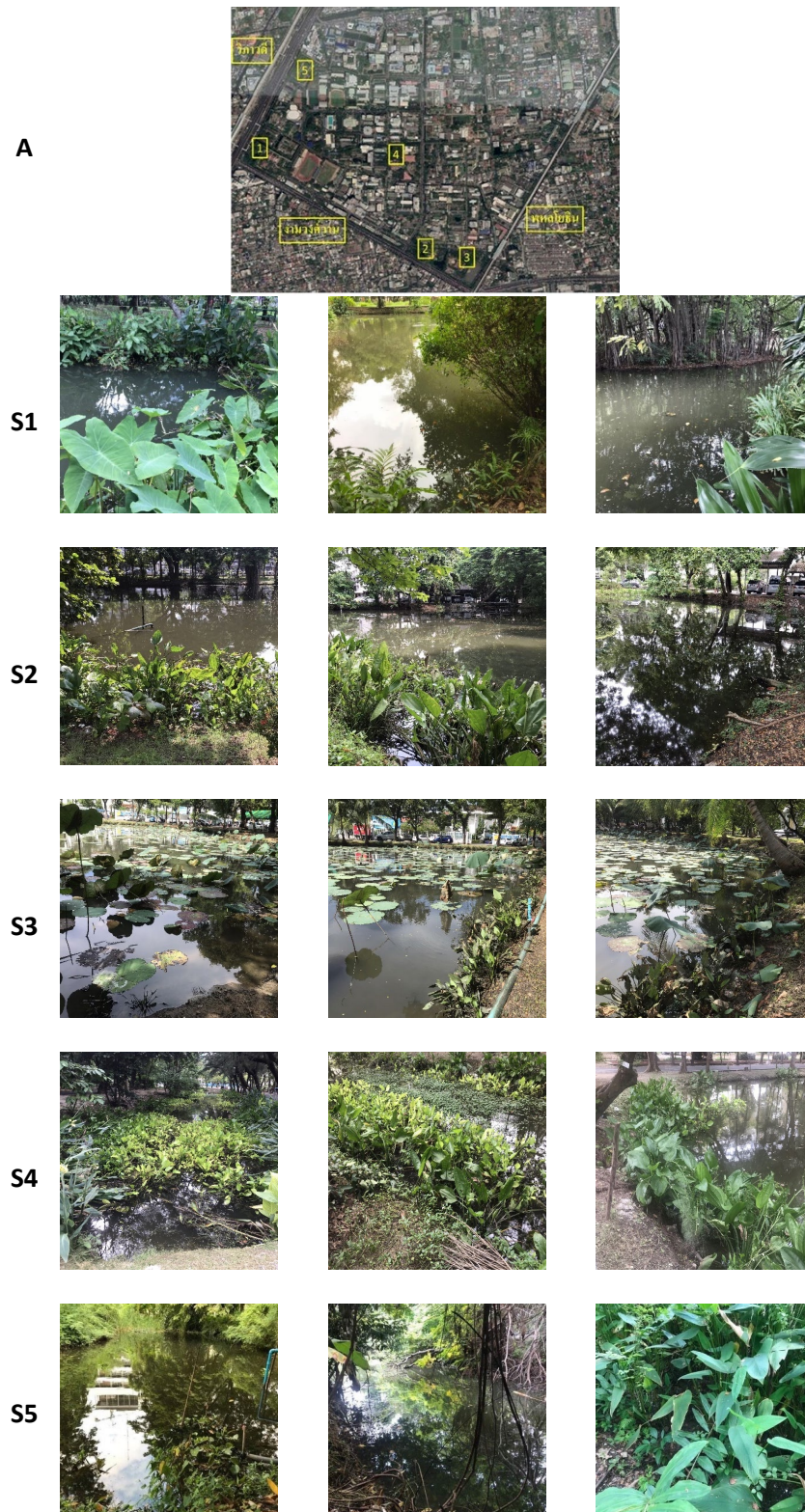


Fig. 1 Locations of the survey of aquatic insects inside kasetsart university (KU): (A) Map showing 5-sampling locations inside KU; S1=Agriculture museum and culture; S2=Thai commemorative garden; (S3=KU main auditorium; (S4=100-years Luang Suwan Wachokkasikit park; and (S5)= Bee Learning Center

การวิเคราะห์ความหลากหลายและความหนาแน่นของแมลงน้ำแต่ละวงศ์ภายในแหล่งน้ำในมหาวิทยาลัย

คำนวณความหลากหลายของแมลงน้ำ โดยวิเคราะห์ผ่านดัชนีความหลากหลายของแชนนอนวีเนอร์ (Shannon – wiener index: H') ตาม Equation 1 โดยค่า p_i แทนสัดส่วนของจำนวนแมลงน้ำในแต่ละวงศ์ที่พบต่อผลรวมของจำนวนแมลงน้ำทุกวงศ์ที่พบทั้งหมดในแหล่งน้ำนั้น และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสม่ำเสมอของพิลาว (Pielou's evenness index: E') ตาม Equation 2 โดยค่า S แทนจำนวนวงศ์แมลงน้ำทั้งหมดที่พบในแหล่งน้ำ และคำนวณค่าแจกแจงความถี่สัมพัทธ์ (Relative Frequency Formula, RF) ของแมลงน้ำทุกวงศ์จากการเก็บตัวอย่างทั้งหมด ตาม Equation 3 โดยค่า F แทนจำนวนความถี่ (จำนวนครั้ง) ที่พบแมลงน้ำวงศ์นั้น และ N แทนจำนวนครั้งทั้งหมดที่ทำการสำรวจ โดยในการศึกษาครั้งนี้ เก็บตัวอย่างแมลงน้ำทั้งหมด 8 ครั้ง

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (1)$$

$$E' = \frac{H'}{\ln(S)} \quad (2)$$

$$RF = \frac{F}{N} \quad (3)$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการเก็บตัวอย่างแมลงน้ำและการจัดจำแนกตัวอย่างแมลงน้ำทุกสองสัปดาห์ ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 รวม 8 ครั้ง เป็นระยะเวลา 6 เดือนนั้น จากตัวอย่างแมลงน้ำทั้งหมด 1,079 ตัว พบแมลงน้ำทั้งหมด 5 อันดับ เรียงจากความชุกชุมมากไปหาน้อย ดังนี้ อันดับ Hemiptera (487 ตัว; 45.13%) อันดับ Diptera (450 ตัว; 41.71%) อันดับ Odonata (68 ตัว; 6.31%) อันดับ Ephemeroptera (45 ตัว; 4.17%) และอันดับ Coleoptera (29 ตัว; 2.68%)

โดยในอันดับ Hemiptera มีความหลากหลายมากที่สุดพบจำนวน 9 วงศ์ เนื่องจากแมลงน้ำกลุ่มนี้ เป็นกลุ่มแมลงนักล่า (Predator) สามารถกระจายและปรับตัวตามโซนต่าง ๆ รอบแหล่งน้ำ รวมถึงปรับสัณฐานวิทยาของร่างกายหรือพัฒนาอวัยวะช่วยหายใจ (Respiratory organ) และมีความทนทานต่อมลพิษระดับกลางได้ (Yule and Sen, 2004; ปราบศึก, 2557) โดยวงศ์ที่พบมากที่สุดคือ Notonectidae ได้แก่ มวนวน (270 ตัว; 55.44%) รองลงมาคือ วงศ์ Gerridae ได้แก่ มวนจิงโจ้น้ำ (173 ตัว; 35.52%) ซึ่งประกอบไปด้วย 2 วงศ์ย่อย (Subfamily) คือ Gerrinae (110/173 ตัว; 63.58%) และ Rhagadotarsinae (63/173 ตัว; 36.41%) ส่วนวงศ์ที่พบน้อยคือ วงศ์ Mesoveliidae (13 ตัว; 2.66%), วงศ์ Belostomatidae ได้แก่ แมลงดาสนวน (12 ตัว; 2.47%), วงศ์ Micronectidae ได้แก่ มวนกรรเชียง (6 ตัว; 1.23%), วงศ์ Naucoridae ได้แก่ มวนตะพานหรือมวนจวน (5 ตัว; 1.02%), วงศ์ Helotrephidae ได้แก่ มวนวนแคะ (5 ตัว; 1.02%), วงศ์ Nepidae ได้แก่ มวนแมงป่องน้ำ (2 ตัว; 0.41%) และวงศ์ Veliidae (1 ตัว; 0.20%)

อันดับ Diptera จัดจำแนกออกเป็น 1 วงศ์ คือ วงศ์ Chironomidae ได้แก่ หนอนแดง (450 ตัว; 100%), อันดับ Ephemeroptera จัดจำแนกออกเป็น 1 วงศ์ คือ วงศ์ Baetidae ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (45 ตัว; 100%), อันดับ Odonata จัดจำแนกออกเป็น 3 วงศ์ โดยวงศ์ที่พบมากที่สุดคือ วงศ์ Libellulidae ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (62 ตัว; 91.18%) รองลงมาคือ วงศ์ Coenagrionidae ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงปอเข็ม (3 ตัว; 4.41%) และวงศ์ Gomphidae ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงปอเสือ (3 ตัว; 4.41%) และอันดับ Coleoptera จัดจำแนกออกเป็น 3 วงศ์ โดยวงศ์ที่พบมากที่สุดคือ วงศ์ Hydrophilidae ได้แก่ กลุ่มแมลงเหนียง (21 ตัว; 72.41%) รองลงมาได้แก่ วงศ์ Scirtidae (7 ตัว; 24.13%) และวงศ์ Dytiscidae ได้แก่ ตัวด้วง (1 ตัว; 3.45%) โดยจำนวนตัวของแมลงน้ำในระดับวงศ์จากแหล่งน้ำ 5 แห่ง แสดงใน Table 1

Table 1 Total numbers of aquatic insect (%) in family level collected from 5 ponds inside Kasetsart University from September 2021 to February 2022

Order	Family	S1	S2	S3	S4	S5
Coleoptera	Dytiscidae	-	-	1 (0.76)	-	-
	Hydrophilidae	6 (2.40)	7 (5.69)	-	5 (2.01)	3 (0.92)
	Scirtidae	3 (1.20)	3 (2.44)	1 (0.76)	-	-
Diptera	Chironomidae	4 (1.60)	13 (10.57)	3 (2.29)	<u>165 (66.27)</u>	<u>265 (81.29)</u>
Ephemeroptera	Baetidae	9 (3.60)	12 (9.76)	6 (4.58)	6 (2.41)	12 (3.68)
Hemiptera	Belostomatidae	2 (0.80)	5 (4.07)	2 (1.53)	2 (0.80)	1 (0.31)
	Gerridae	<u>42 (16.80)</u>	<u>31 (25.20)</u>	<u>41 (31.30)</u>	25 (10.24)	34 (10.43)
	Helotrephidae	-	5 (4.07)	-	-	-
	Mesoveliidae	3 (1.20)	4 (3.25)	4 (3.05)	-	2 (0.61)
	Micronectidae	1 (0.40)	1 (0.81)	1 (0.76)	-	3 (0.92)
	Naucoridae	-	-	2 (1.53)	3 (1.20)	-
	Nepidae	2 (0.80)	-	-	-	-
	Notonectidae	<u>167 (66.80)</u>	<u>21 (17.07)</u>	<u>63 (48.09)</u>	18 (7.23)	1 (0.31)
	Veliidae	-	-	-	1 (0.40)	-
	Odonata	Coenagrionidae	1 (0.40)	-	-	2 (0.80)
	Gomphidae	-	-	1 (0.76)	2 (0.80)	-
	Libellulidae	10 (4)	21 (17.07)	6 (4.58)	20 (8.03)	5 (1.53)
Total		250 (100%)	123 (100%)	131 (100%)	249 (100%)	326 (100%)

การสำรวจแมลงน้ำในแหล่งน้ำบริเวณด้านหลังอาคารสำนักพิพิธภัณฑสถานและวัฒนธรรมการเกษตร (S1) และแหล่งน้ำบริเวณอนุสาวรีย์สามบูรพาจารย์ (S2) ในการศึกษาครั้งนี้ อธิบายได้ว่า แหล่งน้ำ S1 พบแมลงน้ำในอันดับ Hemiptera มากที่สุด โดยเฉพาะวงศ์ Notonectidae ได้แก่ แมลงกลุ่มมวนกรรเชียง จำนวน 167 ตัว คิดเป็น 66.80% รองลงมาคือแมลงน้ำในวงศ์ Gerridae ได้แก่ แมลงกลุ่มจิงจิ้งน้ำ จำนวน 42 ตัว คิดเป็น 16.80% ของแมลงน้ำที่พบทั้งหมด ซึ่งผลจากการศึกษานี้ต่างจากการศึกษาของ กนกภรณ์ (2554) ที่พบแมลงน้ำในอันดับ Coleoptera มากที่สุดในขณะการศึกษาครั้งนี้พบแมลงน้ำในอันดับ Coleoptera น้อยที่สุด ได้แก่ ตัวอ่อนด้วงน้ำวงศ์ Scirtidae จำนวน 3 ตัว (1.20%) อธิบายได้ว่าตัวอ่อนด้วงน้ำวงศ์นี้สามารถพบได้ตามแหล่งน้ำนิ่งที่มีพืชบริเวณริมฝั่ง ซึ่งต่างจากลักษณะของแหล่งน้ำ S1 ที่เป็นแหล่งน้ำเปิดที่ไหลช้า สอดคล้องกับการศึกษาของอัจฉราพร (2559) ที่พบจิงจิ้งน้ำ (*Halobates* sp.) ในวงศ์ Gerridae และแมลงกลุ่มมวนกรรเชียง ในวงศ์ Notonectidae มากที่สุด โดยแมลงน้ำทั้งสองกลุ่มนี้สามารถพบบริเวณผิวน้ำของแหล่งน้ำไหลที่ค่อนข้างสะอาด

แหล่งน้ำ S2 พบแมลงน้ำในอันดับ Hemiptera มากที่สุด โดยเฉพาะวงศ์ Gerridae (31 ตัว, 25.20%) และ Notonectidae (17 ตัว, 21.07%) เช่นเดียวกับแหล่งน้ำ S1 และสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของอัจฉราพร (2559) ที่พบ จิงจิ้งน้ำ *Limnometra* sp. ในวงศ์ Gerridae มากที่สุด แต่การศึกษานี้ไม่พบวงศ์ Corixidae (กลุ่มมวนกรรเชียง),

Hydrometridae (กลุ่มมวนเข็ม), Nepidae (กลุ่มมวนแมงป่องน้ำ), Pleidae, และ Veliidae (จิงโจ้น้ำวีลิต) แต่พบวงศ์ Helotrephidae (กลุ่มมวนหลังค่อม) และ Micronectidae (กลุ่มมวนวน) เพิ่มเติม อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทางกายภาพของน้ำต่อความหลากหลายของแมลงน้ำ จึงไม่สามารถอธิบายในเชิงลึกถึงการไม่พบหรือการพบแมลงน้ำเพิ่มเติมได้

แหล่งน้ำ S3 พบแมลงน้ำในอันดับ Hemiptera มากที่สุด โดยเฉพาะวงศ์ Notonectidae (63 ตัว, 48.09%) และวงศ์ Gerridae (31 ตัว, 25.20%) เช่นเดียวกับแหล่งน้ำ S1 และ S2 โดยมวนทั้งสองวงศ์นี้มีบทบาทเป็นผู้ล่าในแหล่งน้ำ เป็นไปได้ว่า สภาพของแหล่งน้ำที่เป็นบ่อน้ำขนาดใหญ่ และพบพุ่มไม้และต้นไม้รอบล้อมบ่อ รวมถึงพืชลอยน้ำกลุ่มบัวหนาแน่นส่งผลต่อความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำสองวงศ์นี้ที่มีพฤติกรรมการจับเหยื่อและยึดติดกับพืชน้ำ

แหล่งน้ำ S4 และแหล่งน้ำ S5 พบแมลงน้ำอันดับ Diptera ในวงศ์ Chironomidae (ตัวอ่อนริ้นน้ำจืด หรือ หนอนแดง) มากที่สุด จำนวน 165 ตัว (66.27%) และ 265 ตัว (81.29%) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพจากการสังเกตด้วยตา น้ำในแหล่งน้ำทั้งสองมีสีค่อนข้างดำและมีกลิ่นเหม็น แสดงถึงคุณภาพน้ำที่อาจมีปริมาณออกซิเจนน้อย เนื่องจากแมลงน้ำกลุ่มนี้สามารถอาศัยตามแหล่งน้ำสกปรกและใช้รงควัตถุกลุ่มฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) รวบรวมออกซิเจนเข้าร่างกาย (Miller, 1966; Ward, 1992; Yule and Sen, 2004)

ผลการวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลาย (H' Index) และดัชนีความสม่ำเสมอ (E' Index) ในภาพรวมแสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำที่พบความหลากหลายทางชีวภาพสูงสุด คือ S2 (2.08) รองลงมาคือ S3 (1.46), S4 (1.25) และ S1 (1.21) ตามลำดับ ส่วนแหล่งน้ำ S5 เป็นแหล่งน้ำที่พบความหลากหลายน้อยสุด (0.74) สอดคล้องกับแหล่งน้ำที่มีค่า E' Index สูงสุด คือ S2 (0.86) รองลงมาคือ S3 (0.59), S4 (0.52) และ S1 (0.47) ตามลำดับ ส่วนแหล่งน้ำ S5 เป็นแหล่งน้ำที่พบค่า E' Index น้อยสุด (0.33) (Table 2) อธิบายได้ว่าแหล่งน้ำ S2 พบค่า (H') และ (E') สูงสุด เนื่องจากสภาพของแหล่งน้ำนี้มีปริมาณพืชน้ำและพุ่มไม้ตามขอบบ่ออุดมสมบูรณ์ รวมไปถึงเศษใบไม้ร่วง กิ่งไม้และรากไม้ใต้น้ำ และเศษซากเหล่านี้เป็นแหล่งอาหารของแมลงน้ำกลุ่มย่อยสลาย (Scavenger) เช่น อันดับ Coleoptera ได้แก่ ตัวเต็มวัยของด้วงน้ำวงศ์ Hydrophilidae และตัวอ่อนด้วงน้ำวงศ์ Scirtidae ที่กินเศษใบไม้เน่าเปื่อยภายใต้แหล่งน้ำ (Yule and sen, 2004; Merritt and Cummins, 1996) และแหล่งอาหารของแมลงน้ำกลุ่มผู้ล่าในอันดับ Hemiptera ที่พบอาศัยตามผิวน้ำ พืชลอยน้ำและพืชริมน้ำจมน้ำค่อนข้างสะอาด (พนมวรรณ และคณะ, 2555) เนื่องจากบริเวณโซนพืชน้ำนี้เป็นแหล่งอนุบาลและหลบภัยของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นที่เป็นเหยื่อของแมลงน้ำในกลุ่มผู้ล่า (Pusey and Arthington, 2003; พนมวรรณ และคณะ, 2555) แต่ในแหล่งน้ำ S5 ที่แสดงความหลากหลายต่ำ อาจเป็นเพราะคุณภาพของแหล่งน้ำต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการพบแมลงน้ำ วงศ์ Chironomidae มากกว่า 80 % ตลอดการเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำนี้

Table 2 Shannon-Wiener diversity index (H') and Evenness index (E') of aquatic insect in family level based on sampling from 5 ponds inside Kasetsart Uiversity between September 2021 to February 2022

Locations	Sep 2021		Oct 2021		Oct 2021		Nov 2021		Dec 2021		Dec 2021		Jan 2022		Feb 2022		Average	
	H'	E'	H'	E'	H'	E'	H'	E'	H'	E'	H'	E'	H'	E'	H'	E'	H'	E'
S1	0.79	0.38	1.13	0.70	0.88	0.63	0.98	0.71	0.85	0.61	0.56	0.81	1.18	0.66	1.00	0.55	1.21	0.47
S2	1.63	0.90	0.95	0.86	1.20	0.86	1.11	0.80	1.33	0.82	1.08	0.98	2.21	0.92	1.31	0.94	<u>2.08</u>	<u>0.86</u>
S3	1.01	0.63	1.70	0.95	0.98	0.71	0.98	0.61	0.92	0.66	0.69	1.00	1.63	0.91	1.09	1.00	1.46	0.59
S4	0.65	0.59	0.99	0.71	1.35	0.97	0.66	0.95	1.33	0.63	1.12	0.62	0.62	0.31	0.95	0.86	1.25	0.52
S5	1.58	0.88	0.00	0	0.00	0	1.15	0.83	1.03	0.94	0.55	0.28	0.31	0.28	0.56	0.81	0.74	0.33

ผลจากการวิเคราะห์ค่าแจกแจงความถี่สัมพัทธ์แสดงให้เห็นว่าแมลงน้ำอันดับ Hemiptera ในวงศ์ Gerridae มีความถี่สัมพัทธ์ (RF) สูงสุดถึง 0.94 ซึ่งเป็นแมลงที่พบได้บ่อยที่สุดจากบ่อน้ำ 5 ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพราะมวนจิ้งจิกน้ำทั้งสองวงศ์ย่อย (Subfamily) สามารถปรับอาศัยตามแหล่งอาศัยหลายแบบ เช่น แหล่งน้ำนิ่ง บ่อน้ำแคบหรือกว้าง มีหรือไม่มีพืชน้ำปกคลุม และตัวเต็มวัยมีปีกเจริญเต็มที่ (Macropterous) สามารถบินหรือเคลื่อนตัวแบบเลื่อนตัวบนผิวน้ำ (Skater) หรือกระโดดตามแหล่งน้ำใกล้เคียง และแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยมีลักษณะเป็นโครงข่ายและท่อระบายน้ำเชื่อมต่อกัน รวมถึงเกิดฝนตกและน้ำท่วมภายในมหาวิทยาลัยบ่อยครั้ง จึงอาจส่งผลต่อการกระจายตัวของจิ้งจิกน้ำในการศึกษาครั้งนี้ (เฮสรา และคณะ, 2555; ศนิ, 2561)

สรุป

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแมลงน้ำที่เก็บได้จากบ่อน้ำบริเวณพื้นที่ของสวนรวมพรรณไม้เกียรติประวัติไทยมีความหลากหลายสูงที่สุด ในขณะที่แมลงน้ำที่เก็บจากบ่อน้ำข้างศูนย์การเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตมีความหลากหลายต่ำที่สุด โดยแมลงน้ำอันดับ Hemiptera ในวงศ์ Gerridae เป็นกลุ่มแมลงน้ำที่พบได้บ่อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือของภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา คอยสนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษาวิจัยมาตลอด

เอกสารอ้างอิง

- กนกภรณ์ แก้วสง. 2554. ความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน. ภาควิชาชีววิทยา ป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กิตติยา ดาวโรฤทธิ์, พงษ์พันธ์ สุขสุพัฒน์, นฤมล แสงประดับ. 2560. ความหลากหลายของแมลงชีปะขาว แมลงสโตนฟลาย และแมลงหนอนปลอกน้ำ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 9: 149–161.
- แดงอ่อน พรหมมี. 2554. ความหลากหลายทางชีวภาพและโครงสร้างชุมชนของแมลงน้ำภายในบ่อน้ำจืดที่มีน้ำขังตลอดเวลา. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ Veridian มหาวิทยาลัยศิลปากร (มนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์และศิลปะ) 4: 917–930.
- บุญเสฐียร บุญสูง. 2557. คู่มือจำแนกตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลงสโตนฟลาย และแมลงหนอนปลอกน้ำในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญเสฐียร บุญสูง. 2565. ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวในประเทศไทย. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปราบศึก ศรีทิพย์ศักดิ์. 2557. การใช้กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่หน้าดินและปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในการประเมินคุณภาพน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำเขาสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พนมวรรณ อยู่พร้อม, ธนวรรณ พาณิชพัฒน์, แดงอ่อน พรหมมี. 2555. การประเมินคุณภาพน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน โดยใช้กลุ่มแมลงน้ำ. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 5: 23–24.

- ศนิ ลิ้มทองสกุล. 2561. ปัญหาและอุปสรรคการจัดระบายน้ำฝนในบริบทเมืองที่มีการเติบโตทางกายภาพอย่างรวดเร็ว: กรณีศึกษาพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. วารสารวิชาการ การออกแบบสภาพแวดล้อม 5: 3–19.
- อัจฉราพร มะณีชัย. 2559. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เอสรา มงคลชัยชนะ, มารุต เพ็ญอวรณ์, บัณฑิตา อารีย์กุล นุชเชอร์, จริยา เล็กประยูร. 2555. มวนจิ้งจิ้งจี้: ชีววิทยา และอนุกรมวิธาน. พิพิธภัณฑ์สถานธรรมชาติวิทยาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- Groenendijk, D., Postma, J.F., Kraak, M.S., Admiraal, W. 1998. Seasonal dynamics and larval drift of *Chironomus riparius* (Diptera) in a metal contaminated lowland river. *Aquat. Ecol.* 32: 341–351.
- Laudee, P., Prommi, T.O. 2011. Biodiversity and distribution of Trichoptera species along the Tapee River, Surat Thani Province, southern Thailand. *Zoosymposia* 5: 279–287.
- Maneechan, W., Prommi, T.O. 2015. Diversity and distribution of aquatic insects in stream of the Mae Klong Watershed, western Thailand. *Psyche* 2015: 912451.
- Merritt, R.W., Cummins, K.W. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, IA, USA.
- Miller, L.P. 1966. The function of haemoglobin in relation to the maintenance of neutral buoyancy in *Anisop pellucens* (Notonectidae, Hemiptera). *J. Exp. Biol.* 44: 529–543.
- Pusey, B.J., Arthington, A.H. 2003. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: A review. *Mar. Freshwater Res.* 54: 1–16.
- Srisuka, W., Takaoka, H., Otsuka, Y., Fukuda, M., Thongsahuan, S., Taai, K., Choochote, W., Saueng, A. 2015. Seasonal biodiversity of black flies (Diptera: Simuliidae) and evaluation of ecological factors influencing species distribution at Doi Pha Hom Pok National Park, Thailand. *Acta Trop.* 149: 212–219.
- Thancharoen, A., Ballantyne, L.A., Branham, M.A., Jeng, M.L. 2007. Description of *Luciola aquatilis* sp. nov., a new aquatic firefly (Coleoptera: Lampyridae: Luciolinae) from Thailand. *Zootaxa* 1611: 55–62.
- Ward, J.V. 1992. Aquatic Insect Ecology, Vol. 1. Biodiversity and Habitat. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, NJ, USA.
- Yule, C.M., Sen, Y.H. 2004. Freshwater invertebrates of the Malaysian region. Academy of Science. Malaysia.

สาขาสัตวแพทยศาสตร์

(Subject: Veterinary Medicine)

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

Screening for hybridomas-derived monoclonal antibodies specific to foot-and-mouth disease virus

Wantanee Tommeurd^a, Sukontip Poonsuk^c, Kanyarat Thueng-in^b, Nattarat Thangthamniyom^d,
Pongsri Tongtawe^e, Porntipa Lekcharoensuk^{a,b,*}

^aInterdisciplinary Graduate Program in Genetic Engineering, the Graduate School, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Microbiology and Immunology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^cDepartment of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^dResearch and Development Department, Animal Health and Diagnostic Center, CPF (Thailand) Public Company Limited, Bangkok 10530, Thailand

^eGraduate Program in Biomedical Sciences, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University, Pathum Thani, 12120, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fvetptn@ku.ac.th

Abstract

Foot-and-mouth disease (FMD) is a highly contagious viral disease of cloven-hoof animals with a large economic impact. An early diagnosis could reduce the spreading of the disease and consequently, minimize the economic losses. Monoclonal antibodies can be used as a tool for developing diagnostic assays. In this study, monoclonal antibodies secreted from hybridomas were screened for their reactivity and specificity to FMD virus (FMDV). From hundreds of fusion cells screened by ELISA, 66 monoclonal cells were chosen to investigate further by Immunoperoxidase monolayer assay (IPMA) and western blot. Most of them were IgG1 with kappa light chains, while a few clones were IgG2A with kappa light chains and IgM with a lambda light chain. Thirty-one monoclonal antibodies were positive by IPMA, implying that these monoclonal antibodies could recognize the epitopes on the FMDV antigens. Out of 66 clones, 20 monoclonal antibodies presented positive signals on the western blots, indicating that they recognized the epitope on the denatured antigen. Additionally, the complementary determining regions (CDRs) of the immunoglobulin heavy and light chains were sequenced for collecting the molecular data of the monoclonal antibodies. Forty-five monoclonal antibodies recognizing the epitopes on FMDV could be further characterized and used for the diagnostic application.

Keywords: CDRs, hybridoma, Foot-and-mouth disease, Monoclonal antibody

Introduction

Foot-and-mouth disease (FMD) is one of the most contagious viral diseases of coven-hoof animals with a large economic impact. It is caused by FMD virus (FMDV) which is a positive sense, single-stranded RNA virus of genus *Aphthovirus* in the family *Picornaviridae*. The genome of FMDV encodes a polyprotein which is cleaved into four structural proteins and eight non-structural proteins (Gao et al., 2016). Four structural proteins, VP1, VP2, VP3 and VP4, are viral antigens. FMDV can be divided into seven serotypes which are O, A, C, Asia 1, SAT 1, SAT 2 and SAT 3. The most common cause of the outbreaks is serotype O (Knowles and Samuel, 2003). There are also many subtypes in each serotype which lead to high genetic and antigenic variations (Bachrach, 1968). There is no cross protection among serotypes. Even though the host has been infected with one serotype, it still can be infected by other serotypes. Therefore, most of antibodies against FMDV are serotype specific. Monoclonal antibody (mAb) is a potential bio-molecule beneficial for infectious disease research, diagnosis and therapy because of its specificity and unlimited producibility. Generation and characterization of mAbs specific to FMDV are useful for the development of diagnostic test and vaccine. For example, Yang et al. (2014) produced mAbs using whole virus particles as an antigen and identified nine mAbs against FMDV serotype O which seven out of nine clones recognized the known antigenic sites on VP1, VP2 and VP3 while the other two reacted with non-neutralizing sites on VP2 and VP3. The most common method for mAb production is hybridoma technology which is consisted of several steps, including antigen preparation, animal immunization, cell fusion, hybridoma screening and subcloning, followed by characterization and production of specific antibodies (Zhang, 2012).

The objectives of this study are to produce hybridomas and screen for monoclonal antibodies specific to FMDV as well as identify their complementary determining regions (CDRs) DNA sequences. In this study, monoclonal antibodies were produced from hybridoma cell lines which were generated from FMDV-serotype-O immunized mouse splenocytes. These monoclonal antibodies were screened for their reactivity and specificity against FMDV and the DNA sequences of their paratopes were identified and recorded for further application.

Materials and Methods

Preparation of monoclonal antibodies

The mouse experiment protocol was approved by Institutional Animal Care and Use Committee Kasetsart University with the approval number ACKU-60-Vet-031. Six of four-week-old female BALB/c mice, purchased from National Laboratory Animal Center, were divided into two groups: control group and immunized group. FMDV serotype O antigen, provided by the Bureau of Veterinary Biologics, Thailand, was purified by PEG precipitation and sucrose density gradient ultracentrifugation. Purified FMDV serotype O antigen with 10 µg/dose/animal was mixed with an equal volume of complete Freund's adjuvant for the first immunization and

incomplete Freund's adjuvant for the second and third immunizations. PBS mixing with complete Freund's adjuvant at the ratio 1:1 was used for the control group. Mice were immunized via subcutaneous injection for three times at 3-week intervals. Blood was collected at day 7 after the last immunization to determine FMDV serotype O-specific antibody titers. Then, the mice were injected intravenously with un-adjuvanted antigen. At 3 d after the final booster, the immunized mice were sacrificed and their spleens were collected. The spleen cells were fused with myeloma cells (P3-X63-Ag8.653 cells) in the media containing 50% (w/v) of polyethylene glycol (Sigma, USA). The fused cells were plated in 96-well plates and cultured in HAT selective medium (Corning, USA). After incubation for 1 wk at 37 °C, the hybridoma cell was observed under an inverted microscope and then half of the medium in each well was removed and replaced with a fresh culture medium every 2 d. When the cells reached 70–80% confluence, hybridoma culture supernatants were collected and screened for antibody reactivity by indirect enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The positive hybridoma producing antibody were cloned for three times by the limiting dilution method. The immunoglobulin class and subclass of mAbs were identified using Mouse Typer sub-isotyping kit (Bio-Rad, USA).

Indirect enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

96-well plates were coated with 1 µg/mL of FMDV serotype O antigen. After blocking with 5% skim milk, the hybridoma culture medium was added (100 µL/well) and incubated at 37 °C for 1 h, followed by incubating with HRP conjugated goat anti-mouse IgG (Sigma, USA) diluted 1:3,000. The wells were washed for three times with PBS containing 0.05% Tween 20 (PBST) (Srisombundit et al., 2013) after incubation in every step. Finally, the reaction was incubated with ABTS Substrate (KPL, USA) and the absorbance was measured at 405 nm by BioTek Microplate Readers (Agilent, USA).

Immunoperoxidase monolayer assay (IPMA)

BHK-21 cells in a 96-well plate were inoculated with 1×10^3 TCID₅₀ of FMDV and incubated at 37°C for 24 h. IPMA was performed as described previously (Sariya et al., 2011). The infected cells were fixed with cold methanol at room temperature for 30 min and subsequently, incubated with 1% H₂O₂ in PBS for 50 min. The plate was incubated with hybridoma culture supernatant (1:10 and 1:100) at 37 °C for 1 h, followed by incubating with goat anti-mouse IgG conjugated with HRP (1:500). The plate was washed for five times with PBST in every step. Finally, the reaction was incubated with DAB substrate solution (Dako, USA) and the plate was observed under an inverted microscope (Olympus, CK X4, Japan).

Western blot

The mAb profiles were studied by western blot following the published protocol (Srisombundit et al., 2013). FMDV serotype O antigens were electrophoresed through 12% SDS-PAGE which was subsequently blotted onto a nitrocellulose membrane via the wet transfer method in Tris-Glycine transfer buffer. After blocking

with 5% skim milk, the blotted membrane was incubated with the hybridoma culture supernatants in the Mini-PROTEAN II multiscreen apparatus (Bio-Rad, USA) at room temperature for 1 h, followed by incubating with goat anti-mouse IgG conjugated with HRP (1:2,000). In every step, the membrane was washed with TBST for three times. Finally, the membrane was incubated with DAB substrate solution until the color was developed.

RNA isolation and cDNA synthesis

Total RNA was isolated from monoclonal antibody-producing hybridoma cell lines using TRIzol™ Reagent (Invitrogen, USA) according to the manufacturer's protocol. RNA pellet was dissolved in 10 µL of DNase/RNase-Free Distilled Water (Invitrogen, USA). cDNA was synthesized using random primer and SuperScript™ III First-Strand Synthesis System (Invitrogen, USA) according to the manufacturer's protocol.

PCR amplification of Ig V_L and V_H

PCR reactions were performed using Taq DNA polymerase (Thermo Scientific, USA) in the 10 µL reaction containing: 5 pmol of forward and reverse primers (Wang et al., 2000), 0.2 µL of 10mM dNTPs, 0.1 µL of Taq polymerase, 0.2 µL of 5X HF buffer and 1 µL of cDNA as template. The PCR conditions for all reactions were: 98 °C for 2 min, followed by 35 cycles of 98 °C for 10 s, 64 °C for 15 s, and 72 °C for 30 s, followed by the final incubation at 72 °C for 10 min.

The PCR products were cleaned up using GeneJET PCR purification kit (Thermo Scientific, USA), followed by A-tailing with Taq DNA polymerase. The 50-µL reaction of A-tailing contained the following components: 1 µL of dATP, 5 µL of 10X (NH₄)₂SO₄, 3 µL of 25 mM MgCl₂, 0.2 µL of Taq DNA polymerase and 30 µL of PCR products. The reaction was incubated at 72 °C for 20 min. The A-tailing product was electrophoresed through 1.2% agarose gels. The bands of expected sizes were gel purified using GeneJET Gel Extraction Kit (Thermo Scientific, USA). The purified DNA products were ligated into pGEM-T easy vector (Promega, USA) and transformed into *E.coli* DH5α. The recombinant pGEM-T plasmids were isolated using GeneJET Plasmid Miniprep kit (Thermo Scientific, USA) and verified by DNA sequencing (Macrogen, Korea). The sequences were aligned using ClustalW in MegAlign software (version 11.1.0, DNASTAR Inc.; Madison, WI, USA).

Results and Discussion

Production of hybridoma monoclonal cells from lymphocytes of mice immunized with FMDV serotype O (O189)

Antibodies secreting hybridoma cells were screened from the fusion cells for their reactivity with O189-antigen by ELISA. The clones with the OD₄₀₅ values higher than 0.5 were considered as positive clones. To ensure monoclonality, these clones were subjected to further single clone selection for three times by the limiting dilution method. After re-screening the positive clones by ELISA, a total of 66 monoclonal cells were found to

be FMDV-specific antibody secreting cells. These monoclonal cells were further investigated for their specificity by IPMA and western blot.

Primary characterization of monoclonal antibodies secreting from hybridomas derived from FMDV O189 immunized mice

All of 66 monoclones were isotyped and the results demonstrated that the majority of the mAbs were IgG1 with kappa light chains. However, the heavy chain of O9C4.C8.D5 and O9C4.C8.E7 were IgG2A and those of O4C2.B12.D3 and O4C2.B12.E5 were IgM with lambda light chains. This finding is consistent with the previous report that the most abundant isotype of antibody produced by hybridoma cell lines and in nature are IgG1 heavy chains with kappa light chains (Babrak et al., 2017). The specificity of mAbs was further investigated by IPMA and western blot. Thirty-one monoclones showed positive results by IPMA, for example, O9C4.E8.E7 and O3E9.G4.E10 (Fig. 1), indicating that these hybridoma cells secreted mAbs which recognized the epitopes on antigens produced in FMDV infected cells. Additionally, reactivities of the mAbs with the FMDV serotype O antigens was carried out using western blot. The culture supernatants from hybridoma monoclones were diluted in PBS at 1:10 and 1:100 and used as primary antibodies. Twenty out of 66 isolates showed positive signals in the western blot (Fig. 2). Most of the positive isolates reacted with the protein of approximately 75 kDa which was consistent with the molecular weight of FMDV P1 polyprotein. Some of them reacted specifically with the protein of approximately 25 kDa which was nearly the size of FMDV capsid proteins (28 kDa of VP1, 26 kDa of VP2, and 27 kDa of VP3). It is possible that these mAbs recognized the linear epitope of the FMDV antigens. Furthermore, six monoclones showed the positive signals by both IPMA and western blot.

Genetic identification of antigen binding site of the monoclonal antibodies

We found that some of hybridomas did not secrete FMDV specific mAbs after being frozen. For instant, the monoclonal O4F10.D7.D6 that initially produced a strong reactivity with FMDV-infected cells when tested with IPMA. After freezing and thawing process, the culture supernatant from this clone did not react to the FMDV serotype O antigen (Fig. 3). In fact, hybridoma clones might die or no longer secrete monoclonal antibodies (Kromenaker and Srien, 1994). Since the loss of antibody production is irreversible, it is important to collect the sequence data of antibody complementary determining regions (CDRs) for the production of recombinant antibodies in the future. In addition, the CDR sequencing also confirms the ability of hybridoma cells in producing the proper antibody (Meyer et al, 2019). Therefore, RNA from each hybridoma cell lines were isolated, followed by cDNA synthesis and amplification of the immunoglobulin heavy and light chain CDRs. After nucleotide sequencing and analysis, those sequences were translated to amino acid sequences which were multiple aligned using ClustalW. The CDRs of sixty-six monoclones were sequenced and only fourteen monoclones were different and the clone representatives were presented in Fig. 4. The result showed that the heavy chains of monoclones could be separated into four groups and the light chains could be divided to five

groups (Fig. 4). As a result, they were classified into five different groups. The first group included O3E9.G4.E10, O4F10.C4.B5, O4F10.D7.F1, O4F10.D7.D6; the second group comprised O3G9.E4.F5, O8D1.G2.E10, O8D6.B9.C3, O9E2.B3.E10, O9C4.C8.E7 and the third group were O3E11.F6.E8, O3E11.F6.D3, O3E11.F6.D10 while O4C2.B12.E5 and O4F10.C4.D10 were in the fourth and the fifth groups, respectively.

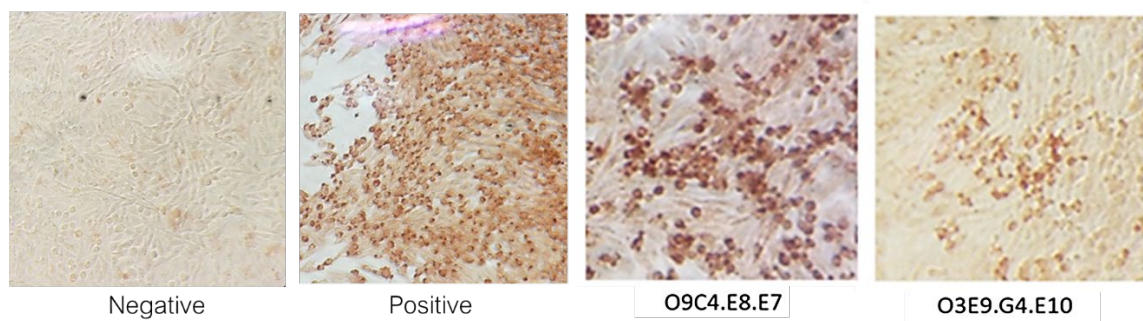


Fig. 1 Primary characterization of monoclonal antibodies (mAbs) by IPMA. The figures show examples of mAbs O9C4.E8.E7 and O3E9.G4.E10 reacted with FMDV antigens (brown) as determined by IPMA. Negative = no primary antibody; Positive = ScFvFc specific to 3ABC of FMDV (Sariya et al., 2011) as the primary antibody

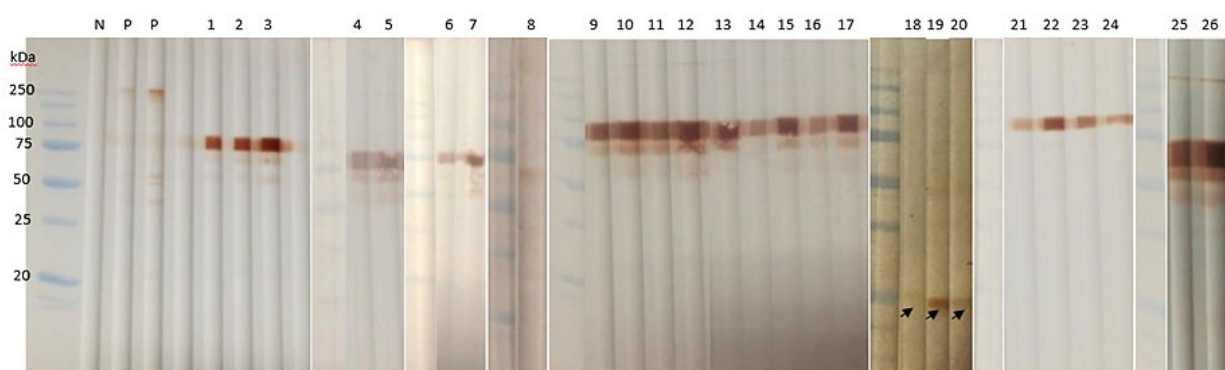


Fig. 2 Examples of western blots demonstrating reactivity of monoclonal antibodies in culture supernatants with the homologous antigens (FMDV serotype O). N = preimmunized mouse serum as the primary antibody (negative control); P = mouse serum immunized with FMDV-serotype-O antigen as the primary antibody (positive control)

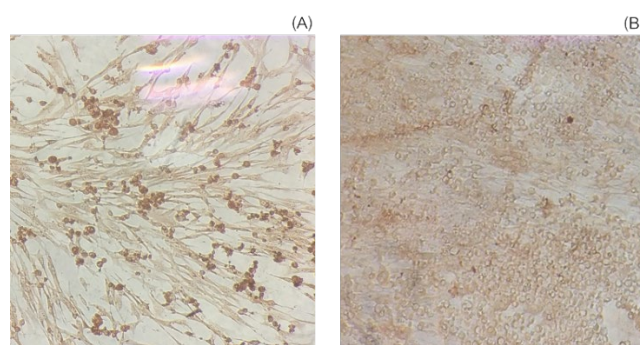


Fig. 3 Characteristics of O4F10.D7.D6 by IPMA: (A) before freezing; (B) after freezing and thawing process

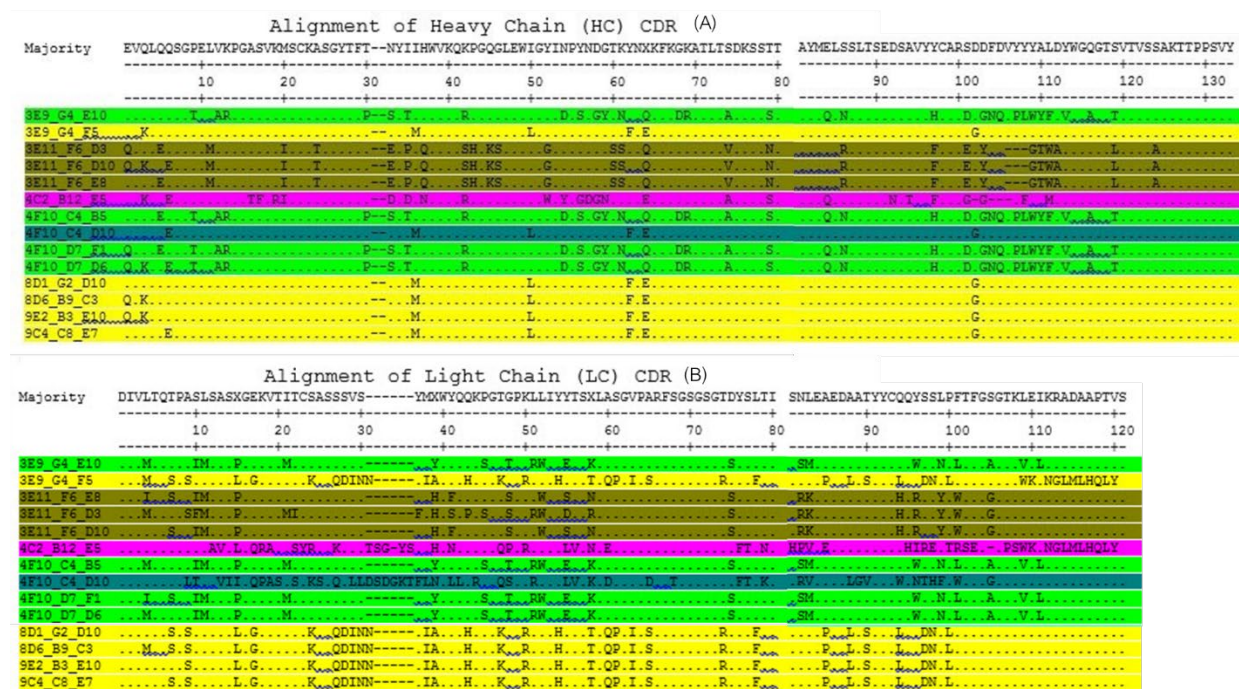


Fig. 4 Alignment of immunoglobulin heavy and light chain CDRs of hybridomas monoclones: (A) immunoglobulin heavy chain CDRs; (B) immunoglobulin light chain CDRs. Different colors indicate distinct groups

In conclusion, we have generated sixty-six monoclonal antibody secreting hybridomas and screened for reactivity and specificity of the mAbs to FMDV by ELISA, IPMA and western blot techniques. Forty-five out of sixty-six monoclones recognized the epitopes on FMDV which would be cultured, purified and re-characterized for further applications including research, diagnosis and therapeutics.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

This study was supported by Agricultural Research Development Agency (ARDA), grant numbers PRP5805021450, CRP6105021230 and CRP6305032230, and Thailand Science Research and Innovation (TSRI), grant number RTA6280011.

References

- Babrak, L., McGarvey, J.A., Stanker, L.H., Hnasko, R. 2017. Identification and verification of hybridoma-derived monoclonal antibody variable region sequences using recombinant DNA technology and mass spectrometry. *Mol. Immunol.* 90: 287–294.
- Bachrach, H.L. 1968. Foot-and-mouth disease. *Annu. Rev. Microbiol.* 22: 201–244.

- Gao, Y., Sun, S.Q., Guo H.C. 2016. Biological function of FMDV non-structural proteins and non-coding elements. *Virol. J.* 13: 107.
- Knowles, N.J., Samuel, A.R. 2003. Molecular epidemiology of foot-and-mouth disease virus. *Virus Res.* 91: 65–80.
- Kromenaker, S.J., Srienc, F. 1994. Stability of Producer Hybridoma Cell Lines after Cell Sorting: A Case Study. *Biotechnol. Prog.* 10: 299–307.
- Meyer, L., Lo'pez, T., Espinosa, R., Arias, C.F., Vollmers, C., DuBois, R.M. 2019. A simplified workflow for monoclonal antibody sequencing. *PLoS ONE* 14: e0218717. doi.org/10.1371/journal.pone.0218717
- Sariya, L., Thangthumnyiom, N., Wajjwalku, W., Chumsing, W., Ramasoota, P., Lekcharoensuk, P. 2011. Expression of foot and mouth disease virus nonstructural polyprotein 3ABC with inactive 3C(pro) in *Escherichia coli*. *Protein Expr. Purif.* 80:17–21. doi: 10.1016/j.pep.2011.07.006
- Srisombundit, V., Tungthumnyiom, N., Linchongsubongkoch, W., Lekcharoensuk, C., Sariya, L., Ramasoota, P., Lekcharoensuk, P. 2013. Development of an inactivated 3C(pro)-3ABC (mu3ABC) ELISA to differentiate cattle infected with foot and mouth disease virus from vaccinated cattle. *J. Virol. Methods.* 188: 161–7. doi: 10.1016/j.jviromet.2012.12.016
- Wang, Z., Raifu, M., Howard, M., Smith, L., Hansen, D., Goldsby, R., Ratner, D. 2000. Universal PCR amplification of mouse immunoglobulin gene variable regions: the design of degenerate primers and an assessment of the effect of DNA polymerase 3X to 5X exonuclease activity. *J. Immunol. Methods.* 233: 167–177.
- Yang, M., Xu, W., Goolia, M., Zhang, Z. 2014. Characterization of monoclonal antibodies against FMDV serotype O and application in identification of antigenic variation in relation to vaccine strain selection. *Virol. J.* 11: 136.
- Zhang, C. 2012. Hybridoma Technology for the Generation of Monoclonal Antibodies. In: Proetzel, G., Ebersbach, H. (eds.). *Methods in Molecular Biology: Antibody Methods and Protocols*. Human Press. Totowa, NJ, USA, pp. 117–135.

การตรวจหาไข่ปรสิตในระบบทางเดินอาหารให้แก่สุนัขและแมวภายใต้โครงการบริการสังคม ปี 2560 Detection of gastrointestinal parasites in dogs and cats employed in the corporate social responsibility (CSR) project of 2017

วิษณุวัฒน์ ฉิมน้อย, อลิสรา ลีลานุพัฒน์, นงนุช ภิญญภาณวัฒน์, ชัญญา เก่งระดมกิจ, ณัฐสุดา กลิ่นแก้ว, จ่านงจิต ผาสุก, บุรินทร์ นิมสุพรรณ, คัมภีร์ พัฒนระณัง, เทวินทร์ อินปันแก้ว, เกษริน ขำยิ่งเกิด*

Wissanuwat Chimnoi, Alisara Leelanupat, Nongnuch Pinyopanuwat, Chanya Kengradomkij, Nutsuda Klinkeaw, Jumnonjitt Phasuk, Burin Nimsuphan, Khampee Pattanatanang, Tawin Inpankeaw, Ketsarin Kamyinkird*

ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Parasitology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fvetksr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปรสิตในทางเดินอาหาร เช่น หนอนพยาธิ และโปรโตซัว ที่พบได้ใน สุนัข และแมวนั้น ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์เลี้ยง บางชนิดเป็นปรสิตที่สามารถติดต่อจากสัตว์สู่คน และยังส่งผลกระทบต่อสถานะทางการเงินต่อเจ้าของสัตว์ด้วย ในปีงบประมาณ 2560 ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้มีการจัดทำโครงการบริการสังคม เพื่อให้บริการทางสัตวแพทย์ ได้แก่ การผ่าตัดทำหมันให้กับสัตว์เลี้ยง การฉีดวัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า การตรวจหาไข่ปรสิตในตัวอย่างอุจจาระ และให้ยาลดพยาธิให้กับสุนัขและแมวในเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร เขตอำเภอเมืองและอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ในช่วง เดือน มิถุนายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2561 มีสัตว์เลี้ยงในชุมชนที่เข้ารับบริการตรวจหาปรสิตในทางเดินอาหารด้วยตัวอย่างอุจจาระจำนวนทั้งสิ้น 178 ตัวอย่าง จัดเป็น อุจจาระสุนัข 64 ตัวอย่าง และอุจจาระแมว 114 ตัวอย่าง การตรวจหาปรสิตในตัวอย่างอุจจาระ ทำการตรวจเปรียบเทียบ 2 วิธีการ ได้แก่ 1. วิธีตะเลงอุจจาระโดยตรง (faecal direct smear, FDS) และ 2. วิธีลอยตัวด้วยน้ำเกลืออิ่มตัวแบบธรรมดา (simple floatation, SF) ผลการตรวจพบปรสิตในทางเดินอาหารในตัวอย่าง อุจจาระ จำนวน 62 ตัวอย่าง (34.80%) ด้วยวิธี FDS และ 70 ตัวอย่าง (39.80%) ด้วยวิธี SF ปรสิตในทางเดินอาหารที่พบประกอบด้วย ไข่ของพยาธิปากขอ ไข่พยาธิไส้เดือน ไข่พยาธิเมลิตแดงกว่า ไข่พยาธิตัวกลม ชนิด *Capillaria* spp. ไข่พยาธิตัวตืดชนิด *Taenia* spp. ตัวอ่อนพยาธิตัวกลม ระยะ rhabditiform และซีสต์ของโปรโตซัว ชนิด *Coccidia* โดยปรสิตที่พบส่วนใหญ่จะเป็น ไข่พยาธิปากขอ (32.58%, 58/178) และ ไข่พยาธิเส้นด้าย (7.30%, 13/178) ซึ่งพยาธิปากขอนั้นจัดเป็นปรสิตที่สามารถติดต่อจากสัตว์สู่คน ผ่านระยะติดต่อที่อาศัยอยู่ในดินได้ จากผลการตรวจในการศึกษานี้จึงมีข้อเสนอแนะให้ ควรมีการจัดโปรแกรมการถ่ายพยาธิให้กับสุนัข และแมว ที่อยู่ในชุมชนอย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยลดการปล่อยไข่ของปรสิตที่สามารถติดต่อจากสัตว์สู่คนลง在地上 หรือสิ่งแวดล้อม **คำสำคัญ:** กรุงเทพมหานคร, นนทบุรี, แมว, สุนัข, การตรวจหาไข่ปรสิตในตัวอย่างอุจจาระ ปรสิตในระบบทางเดินอาหาร

Abstract

Gastrointestinal parasites of dogs and cats such as helminthic parasites and protozoa, have health impacts on pet animals. It is zoonotic concern and economically impact on the pet owners. In 2017, Department of Parasitology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University launched the Corporate Social Responsibility (CSR) project aiming to provide veterinary services such as neutralization, rabies vaccination and gastrointestinal parasitic diagnosis and deworming for dogs and cats in Bangkok and Nonthaburi, Thailand. In part of gastrointestinal parasitic diagnosis we have collected 178 faecal samples including 64 dogs and 114 cats from three municipalities during June to July 2018. Faecal contents were collected by rectal lavage. Faecal examination methods including faecal direct smear (FDS) and simple floatation (SF) were conducted. As result, gastrointestinal parasites were detected in 62 samples (34.80%) by FDS method and 70 samples (39.80%) by SF method. The eggs of hookworm, *Toxocara* spp., *Dipylidium caninum*, *Capillaria* spp. *Taenia* spp., as well as rhabditiform larva, and unsporulated oocyst of coccidia were detected. The majority of gastrointestinal parasite detected in this study was hookworm (32.58%, 58/178) followed by threadworm (7.30%, 13/178). Interestingly, hookworm can be possess zoonotic potential by transmission from pets to people in the municipality through infective stage larva in soil. This study suggest that deworming program for dogs and cats should be promoted and regularly generated to reduce the soil transmitted parasites such as animal's hookworms.

Keywords: Bangkok, Nonthaburi, cats, dogs, faecal examinations, gastrointestinal parasites

คำนำ

ปรสิตในระบบทางเดินอาหารที่พบได้ในสุนัข และแมว แบ่งเป็น กลุ่มหนอนพยาธิตัวกลม เช่น พยาธิปากขอ พยาธิในหลอดอาหาร พยาธิไส้เดือน พยาธิเข็มหมุด พยาธิเส้นด้าย พยาธิไส้ฆ่า พยาธิตัวจืด เป็นต้น มีทั้ง กลุ่มพยาธิตัวแบน ซึ่งยังแบ่งออกเป็น พยาธิใบไม้ และพยาธิตัวตืด และยังมีกลุ่มโปรโตซัว เช่น กลุ่มอะมีบา กลุ่มโปรโตซัวมีไส้ และกลุ่ม Coccidia เป็นต้น (Nimsuphan, 2022) ปรสิตในทางเดินอาหารเหล่านี้ ส่งผลต่อสุขภาพของสัตว์เลี้ยง (Millán and Blasco-Costa 2012) เนื่องจากปรสิตจะแย่งสารอาหารของโฮสต์ ส่งผลทำให้มีการเจริญเติบโตที่ไม่สมบูรณ์ (Crompton, 2002) ส่งผลต่อระบบการทำงานของระบบทางเดินอาหาร มีผลทำให้เกิดอาการอักเสบของหลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ ทั้งยังอาจทำให้ระบบทางเดินอาหารอุดตัน เกิดภาวะท้องเสียอย่างรุนแรง (Nimsuphan, 2022) บางชนิดส่งผลให้เกิดภาวะขาดธาตุเหล็ก โลหิตจาง และบางชนิดยังสามารถปนเปื้อนลงสู่ดิน น้ำ อาหาร ติดต่อไปยังมนุษย์ได้ (Traub et al., 2002; Inpankaew et al., 2007; Rojekittikhun et al., 2014)

สุนัขและแมว ถือเป็นสัตว์เลี้ยงที่คนนิยมเลี้ยงมากที่สุด สัตว์จะอาศัยอยู่กับเจ้าของในบ้านเรือน ในพื้นที่สิ่งแวดล้อมที่ใกล้ชิดกับมนุษย์ (Mornement, 2018) ซึ่งในการเลี้ยงสุนัขและแมวในประเทศไทยนั้น ยังไม่มีมาตรการลงทะเบียนการครอบครองสุนัขและแมว หรือจำกัดพื้นที่เลี้ยงที่เคร่งครัด จึงทำให้มีจำนวนสุนัข และแมว ที่อาศัยอยู่ในชุมชน โรงเรียน วัด และที่สาธารณะจำนวนมากด้วย (Jittapalapong et al., 2003) ซึ่งสัตว์เลี้ยงเหล่านี้ เป็นสัตว์ที่มีคนให้อาหาร และสัตว์มักไม่ได้รับการดูแลสุขภาพที่ถูกต้องเท่าที่ควร ในปีงบประมาณ 2560 ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับการอนุมัติให้จัดทำโครงการบริการสังคม โดยจะให้บริการตรวจสุขภาพ สัตว์เลี้ยง ฉีดวัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า ผ่าตัดทำหมัน ตรวจหาปรสิตในทางเดินอาหาร และการให้บริการกำจัดปรสิต ด้วยยาถ่ายพยาธิขึ้น เพื่อควบคุมจำนวนสุนัขและแมวที่เกิดใหม่ในเขตชุมชนด้วยการผ่าตัด เพื่อให้สัตว์เลี้ยงในชุมชน ได้รับการตรวจสุขภาพ ฉีดวัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า ได้รับการตรวจปรสิตในทางเดินอาหาร และให้ยาถ่ายพยาธิ ซึ่งในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการตรวจหาปรสิตในระบบทางเดินอาหาร ด้วยวิธีลอยตัวด้วยน้ำเกลืออิมมัลชันแบบธรรมดา และการละลายอุจจาระโดยตรง ให้กับสุนัขและแมวในชุมชน ระหว่างที่เข้าร่วมเข้ารับบริการในโครงการบริการสังคม ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ ทำให้ทราบความชุกของปรสิตที่พบในสัตว์เลี้ยง รวมถึงสามารถนำไปเป็นข้อมูลประกอบ ในการจัดโปรแกรมการควบคุมปรสิตที่ติดต่อกับสัตว์เลี้ยงในพื้นที่ยุทธศาสตร์ และพื้นที่อื่นๆได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ การเก็บตัวอย่างอุจจาระ และข้อมูล

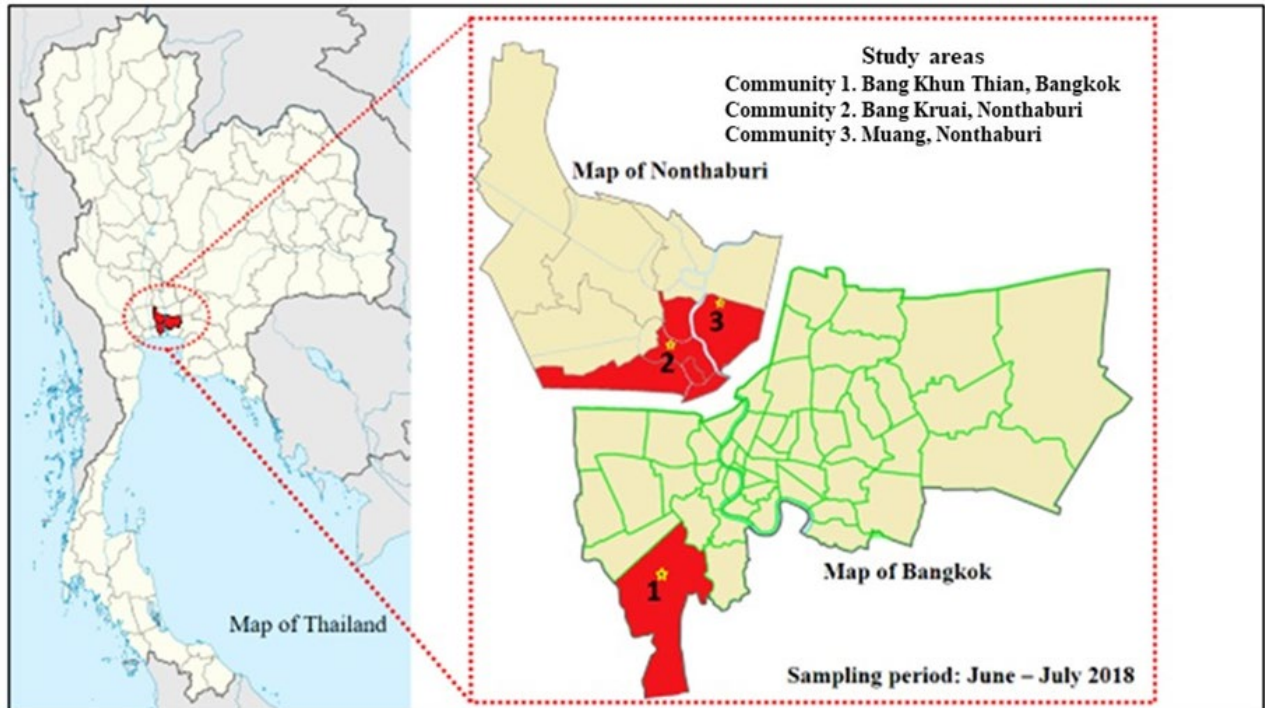
สถานที่ในการศึกษานี้คัดเลือกจากชุมชนที่สมัครเข้าร่วมโครงการบริการสังคม ผ่านการประชาสัมพันธ์สื่อออนไลน์ ประกอบด้วย 3 ชุมชน ได้แก่ 1. ชุมชนมอญ วัดสุทธธรรมมาถ์ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร (Community 1) 2. ชุมชนวัดอุทยาน อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี (Community 2) และ 3. ชุมชนหมู่บ้านอัญชลี อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี (Community 3) ระยะเวลาการเก็บข้อมูล เก็บตัวอย่างอุจจาระ อยู่ในช่วงเดือน มิถุนายน ถึง กรกฎาคม 2561 (Fig. 1A)

การเก็บตัวอย่างอุจจาระจากแมว ใช้วิธีการสวนล้างเก็บอุจจาระจากทวารหนัก (Rectal lavage) โดยใช้สายยางปลอดเชื้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร น้ำเกลือสะอาด 10 มิลลิลิตร และกระบอกเก็บสาร ขนาด 15 มิลลิลิตร (Fig. 1A) (Leelanupat et al., 2020) ส่วนการเก็บอุจจาระจากสุนัข ใช้วิธีการล้วง

เก็บจากทวารหนัก (Per-Rectal) โดยอุจจาระที่ได้จะถูกเก็บรักษาสภาพในกล่องทำความเย็น 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปตรวจหาปรสิตในขั้นตอนต่อไป

ก่อนทำการเก็บตัวอย่าง มีการแจ้งรายละเอียดของโครงการ ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น ให้แก่เจ้าของสัตว์ และได้รับการอนุญาตจากเจ้าของสัตว์ ก่อนทำการกรเก็บตัวอย่างอุจจาระ มีการสัมภาษณ์ข้อมูล อายุ เพศ พันธุ์ และประวัติสุขภาพของสัตว์ มีการจับบังคับสัตว์โดยผู้ที่มีประสบการณ์ ด้วยความเมตตา และอยู่ภายใต้การควบคุมโดยสัตวแพทย์ผู้มีใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการสัตวแพทย์ชั้นหนึ่ง

(A)



(B)

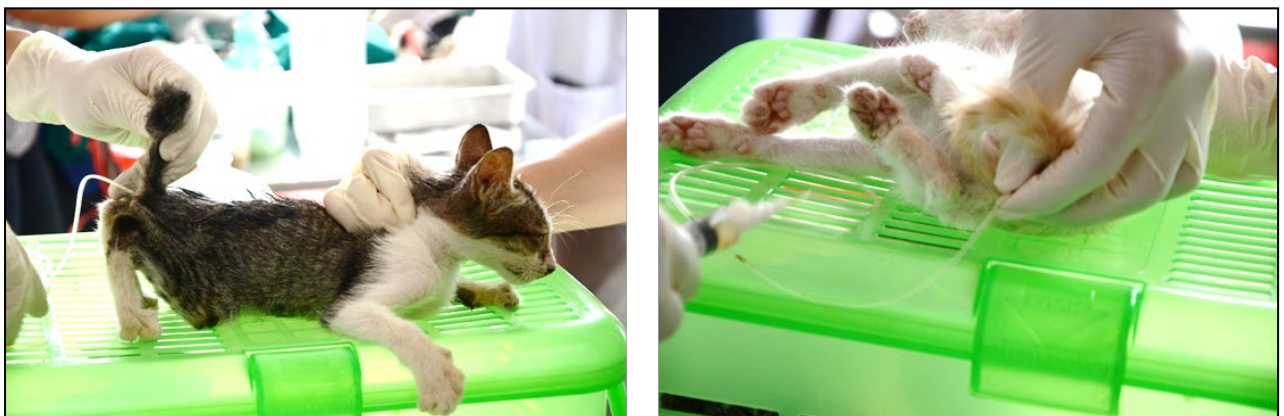


Fig. 1 Map of three study locations in Bangkok of Thailand (A) and collection of fecal samples by Rectal lavage (B)

การตรวจหาปรสิตในทางเดินอาหาร

ตัวอย่างอุจจาระที่ได้จากขั้นตอนแรกจะถูกนำส่งมาตรวจหาปรสิตในทางเดินอาหารทันที

วิธีละเลงอุจจาระโดยตรง (FDS)

อุจจาระสดที่ได้จะถูกนำมาลบล้างบนกระจกสไลด์ ใช้น้ำเกลือธรรมดาช่วยให้อุจจาระกระจายเป็นเนื้อเดียวกัน ปิดด้วย cover glass แล้วส่องตรวจหาปรสิต ไข่พยาธิ และโปรโตซัว ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และบันทึกผล

วิธีลอยตัวด้วยน้ำเกลืออิมมัลชันแบบธรรมดา (SF)

อุจจาระที่เหลือจากการตรวจด้วยวิธีลบล้างโดยตรง ถูกนำมาตวง ก่อนนำไปผสมกับน้ำเกลืออิมมัลชัน (ค่าความถ่วงจำเพาะ 1.2) กรอง กรอกใส่กระบอกตวง ขนาด 15 มิลลิเมตร จนเต็ม ปิดทับด้วย cover glass วางตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นานประมาณ 15–20 นาที แล้วจึงหยิบ cover glass มาวางคว่ำลงบนกระจกสไลด์ แล้ว นำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และบันทึกผล

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลที่ได้จากการตรวจหาปรสิตในทางเดินอาหาร ถูกนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจหาปรสิตโดยอาศัยหลักทางสถิติด้วยการทดสอบไคสแควร์ Chi-square (χ^2) test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ ซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรมออนไลน์ <https://www.socscistatistics.com/tests/chisquare2/default2.aspx>.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากจำนวนตัวอย่างอุจจาระในการศึกษานี้ มีทั้งสิ้น 178 ตัวอย่าง จำแนกเป็นตัวอย่างอุจจาระสุนัข 64 ตัวอย่าง แมว 114 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างอุจจาระจากชุมชนที่ 1, 2 และ 3 รวม 52, 38 และ 88 ตัวอย่าง ตามลำดับ (Fig. 2)

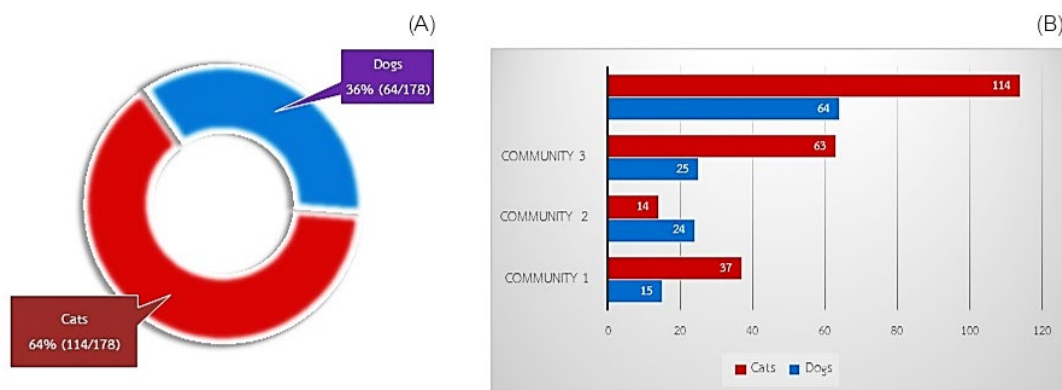


Fig. 2 Total number of dogs and cats participated in this study (A) and number of dogs and cats from each communities (B)

ผลการตรวจหาปรสิตในตัวอย่างอุจจาระ

ผลการตรวจพบปรสิตในทางเดินอาหาร ประกอบด้วย ไข่พยาธิปากขอ (Hookworms) 58 ตัวอย่าง (Fig. 3A) ตัวอ่อนของพยาธิตัวกลมระยะ rhabditiform (*Strongyloides stercoralis*) 13 ตัวอย่าง (ภาพที่ 3b) ไข่ของพยาธิไส้เดือน (*Toxocara* spp.) 12 ตัวอย่าง (Fig. 3C) ซีสต์ของ Coccidia (*Isospora* spp.) 5 ตัวอย่าง (Fig. 3D) ไข่ของพยาธิตัวตืดชนิด *Taenia* spp. 3 ตัวอย่าง (ภาพที่ 3e) ชนิดพยาธิเมลิ็ดแตงกวา (*Dipylidium caninum*) 1 ตัวอย่าง (Fig. 3F)

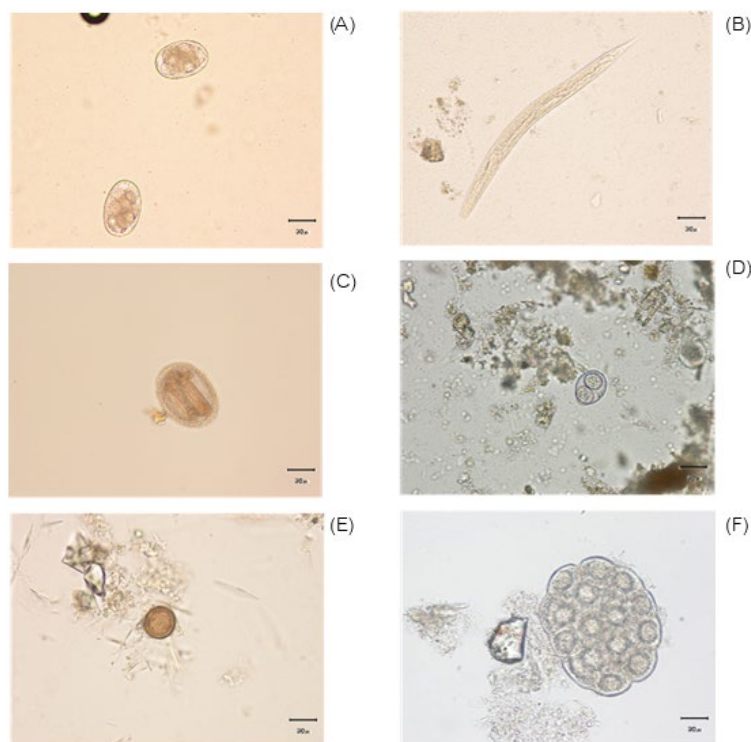


Fig. 3 Pictures of parasites eggs, larvae and protozoa found in this study; (A) Egg of Hookworms (b) rhabditiform larvae of *Strongyloides stercoralis* (C) Egg of *Toxocara* spp. (D) Unsporulated oocyst of *Isospora* spp. (E) Egg of *Taenia* spp. and (F) Egg capsule of *Dipylidium caninum*

ผลการตรวจพบปรสิตในทางเดินอาหารทั้งหมดคิดเป็น 69/178 (38.76%) จำแนกเป็นปรสิตที่พบในตัวอย่างอุจจาระสุนัขเป็น 24/64 (37.50%) และปรสิตที่ตรวจพบในตัวอย่างอุจจาระแมวเป็น 45/114 (39.47%) (Fig. 4)

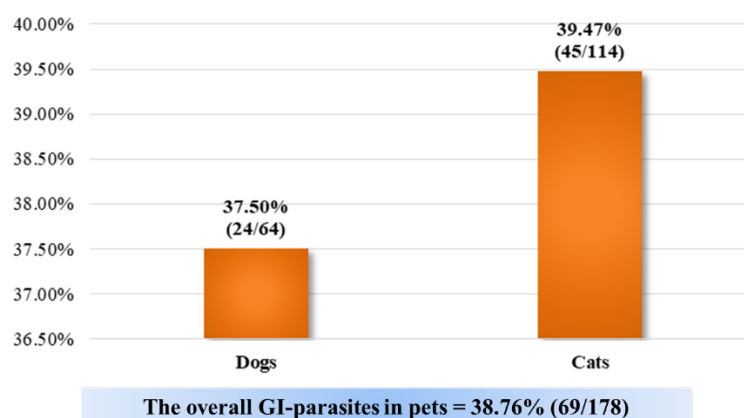


Fig. 4 The overall positive percentage of gastrointestinal (GI) parasites in dogs and cats employed in the CSR project

เมื่อพิจารณาจำนวนของสัตว์ที่ตรวจพบปรสิตในทางเดินอาหาร ตามชุมชนที่เข้าร่วมโครงการ ผลการศึกษาพบว่าชุมชนที่ 1 มีความชุกของปรสิตในทางเดินอาหารมากที่สุด คิดเป็น 24.70% (44/178) ส่วนในชุมชนที่ 2 มีความชุกของปรสิตในทางเดินอาหารในสัตว์เลี้ยงคิดเป็น 6.70% (12/178) และชุมชนที่ 3 มีความชุกของปรสิตในทางเดินอาหารคิดเป็น 7.30% (13/178)

ผลการตรวจอุจจาระด้วยวิธี FDS พบปรสิตรวมทั้งสิ้น 43/178 ตัวอย่าง คิดเป็น 24.16% ส่วนวิธี SF ตรวจพบปรสิตรวมทั้งสิ้น 69/178 ตัวอย่าง คิดเป็น 38.76% (Fig. 5A) ผลบวกที่ตรวจด้วยวิธี SF กับตัวอย่างอุจจาระสุนัขและแมว คิดเป็น 37.50 % และ 39.47% ตามลำดับ ซึ่งผลบวกที่ตรวจด้วยวิธี FDS ในสุนัขและแมว คิดเป็น 21.88% และ 25.44% ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า วิธี SF ให้ผลบวกมากกว่าการใช้วิธี FDS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 43.0478$, $P < 0.0001$) (ตารางที่ 1) (Fig. 5B)

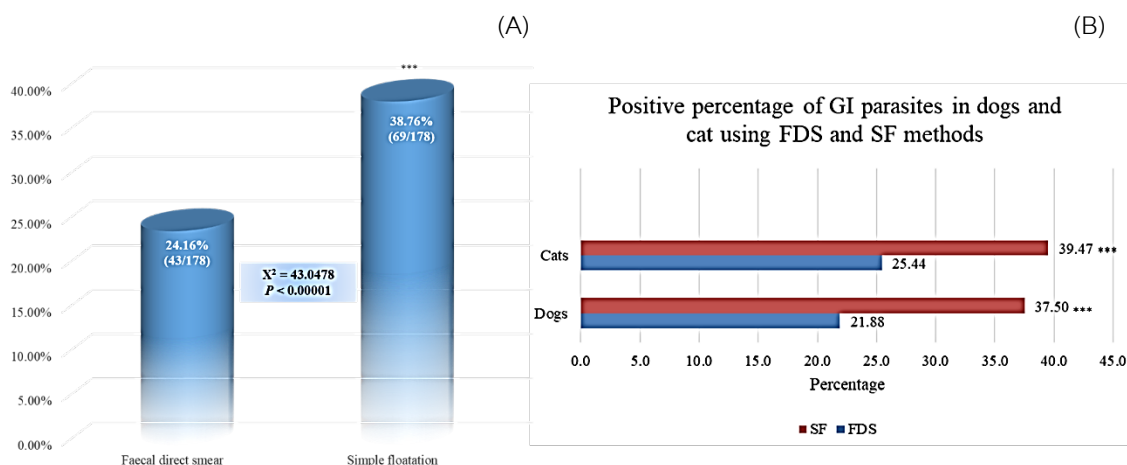


Fig. 5 Comparison of FDS and SF method (a) and positive percentage of GI parasites in dogs and cats using FDS and FS methods

Table 2 Gastrointestinal parasites found in dogs and cats in this study

Gastrointestinal parasites	Total	Positive Dogs (n=24)	(%)	Positive Cats (n=45)	(%)
<i>Ancylostoma</i> spp.	58	18	(75.00)	40	(88.89)
<i>Toxocara</i> spp.	12	6	(25.00)	6	(13.33)
<i>Taenia</i> spp.	3	-	-	3	(6.67)
<i>Dipylidium caninum</i>	1	-	-	1	(2.22)
<i>rhabditiform larva of Strongyloides stercoralis</i>	13	-	-	13	(28.89)
<i>Unsporulated oocyst of Isospora</i> spp.	5	-	-	5	(11.11)

Table 3 Comparison of the percentage positivity of each gastrointestinal parasite detected by FDS and SF methods

Gastrointestinal parasites	Positive by FDS (n=178)	(%)	Positive by SF (n=178)	(%)
<i>Ancylostoma</i> spp.	21	(11.80)	57	(32.02)
<i>Toxocara</i> spp.	7	(3.93)	12	(6.74)
<i>Taenia</i> spp.	7	(3.93)	ND	ND
<i>Dipylidium caninum</i>	1	(0.56)	ND	ND
<i>rhabditiform larva of Strongyloides stercoralis</i>	13	(7.30)	ND	ND
<i>Unsporulated oocyst of Isospora</i> spp.	3	(1.68)	5	(2.80)

ND=Not Detected

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการตรวจหาปรสิตในทางเดินอาหารด้วยวิธีละเอียดของอุจจาระโดยตรง (FDS) กับวิธีลอยตัวด้วยน้ำเกลืออิมมัลชันแบบธรรมดา (SF) พบว่า วิธี SF ให้ผลบวกต่อปรสิตโดยเฉพาะไข่ของพยาธิปากขอและพยาธิไส้เดือน สูง

กว่าวิธี FDS เนื่องจากปริมาณของอุจจาระที่ใช้ในวิธี SF ปริมาณของอุจจาระมากกว่าวิธี FDS และ วิธี SF ยังเร่งให้ไข่ของปรสิตลอยขึ้นมา ทำให้มีโอกาสตรวจพบไข่ของปรสิตที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าน้ำเกลืออิ่มตัวได้มากกว่า อย่างไรก็ตาม ไข่ของพยาธิตัวตืดชนิด *Taenia* spp. และ *Dipylidium caninum* ตรวจไม่พบด้วยวิธี SF เลย นั่นอาจเป็นเพราะไข่ปรสิตดังกล่าว มีค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลืออิ่มตัว จึงทำให้ไข่ปรสิตไม่สามารถลอยขึ้นมาติดกับกระจกสไลด์ นอกจากนี้ วิธี FDS ยังสามารถตรวจพบตัวอ่อนของปรสิต ได้ ในขณะที่วิธี SF ไม่สามารถตรวจพบได้ และวิธี FDS ยังใช้เวลาน้อยกว่าวิธี SF ถึง 3 เท่า เนื่องจากไม่มีขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างอุจจาระ หรือรอให้ไข่ปรสิตลอยขึ้นมาขึ้นเอง การศึกษานี้แสดงให้เห็นข้อดีและข้อด้อยของวิธีการตรวจอุจจาระแบบ FDS และ SF ที่สัตวแพทย์สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ด้วย

ส่วนการตรวจพบปรสิตชนิดต่าง ๆ นั้น จากผลการศึกษานี้ พบพยาธิปากขอ ในสุนัขและแมวมากที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Rojekkittikhun et al., 2014 ในจังหวัดนครนายก ที่พบสุนัขและแมวติดเชื้อพยาธิปากขอ 30.6% และสัมพันธ์กับการสำรวจปรสิตในสุนัขและแมวในกรุงเทพมหานครในอดีตที่ผ่านมาด้วย (Kaewthamasorn et al., 2006; Inpankaew et al., 2007) จะเห็นได้ว่า ปรสิตในระบบทางเดินอาหารที่พบในสุนัขและแมว ในกรุงเทพมหานคร ยังพบอย่างต่อเนื่องในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในสัตว์ที่เลี้ยงแบบปล่อยในที่สาธารณะ ส่งผลให้คนและสัตว์เลี้ยงที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน มีความเสี่ยงที่จะติดพยาธิเหล่านั้นเข้าไปได้ด้วย ดังนั้นหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมถึงคลินิกสัตวแพทย์ โรงพยาบาลสัตว์ต่างๆ ควรให้ความสำคัญกับการให้ความรู้แก่เจ้าของสัตว์เลี้ยงในการควบคุมและป้องกันปรสิตในสัตว์ให้มากขึ้นและต่อเนื่อง เกี่ยวกับการจัดระเบียบพื้นที่ดูแลสัตว์เลี้ยง การขับถ่ายที่เหมาะสม สร้างความตระหนักถึงการควบคุมทั้งภายในและภายนอกในสัตว์เลี้ยงด้วย

สรุป

จากการศึกษาพบว่า สุนัขและแมวในชุมชนมอญ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร มีการติดปรสิตในทางเดินอาหารสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นในการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่า สัตว์เลี้ยงในพื้นที่ ขาดการดูแลสุขภาพ และคนในชุมชนมีความเสี่ยงที่จะได้ติดปรสิตจากสัตว์เลี้ยง ควรมีโปรแกรมการดูแลสุขภาพของสัตว์เลี้ยง การให้ความรู้ เกี่ยวกับการรักษาและป้องกันปรสิตที่อาจจะมีกับน้ำ อาหาร และดิน ให้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ผลการเปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการตรวจหาปรสิตในทางเดินอาหารจากตัวอย่างอุจจาระ ที่เหมาะสม และมีความไวกว่า คือ วิธีลอยตัวด้วยน้ำเกลืออิ่มตัวแบบธรรมดา

กิตติกรรมประกาศ

ผลการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการบริการสังคม ของภาควิชาปรสิตวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ งบประมาณในการศึกษานี้ ได้รับการสนับสนุนจากคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2560 ผู้วิจัยขอขอบคุณสัตว์เลี้ยงทุกตัว เจ้าของสัตว์เลี้ยงทุกท่าน รวมถึงขอบคุณผู้นำชุมชน ผู้ประสานงานทุกท่าน ที่ให้การร่วมมือในการศึกษาเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Crompton, D.W. 2002. Nutritional impact of intestinal helminthiasis during the human life cycle. *Annu. Rev. Nutr.* 22: 35–59.
- Inpankaew, T., Traub, R., Thompson, R.C., Sukthana, Y. 2007. Canine parasitic zoonoses in Bangkok temples. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 38: 247–255.
- Jittapalapong, S, Pinyopanuwat, N, Boonchob, S, Chimnoi, W, Jansawan, W. 2003. A manual of regulation of animal rearing or yielding in the public land of Thailand: Ministry of Public Health. Kasetsart University Press, Bangkok, Thailand. 250.
- Kaewthamasorn, M., Niwetpathomwat, A., Assarasakorn, S., Wongsamee, S., Tiawsirisap, S. 2006. A surveillance of canine gastrointestinal parasites in fecal samples from public areas of Bangkok, Thailand. *J. Anim. Vet. Adv.* 5: 1209–1213.
- Leelanupat, A., Kamyngkird, K., Chimnoi, W., Nimsuphan, B. 2020. Prevalence of *Tritrichomonas foetus* infection in cats in Bangkok metropolitan area and in vitro drug sensitivity testing. *Vet. Parasitol.: Reg. Stud. Rep.* 21100440.
- Mornement, K. 2018. Chapter 12: Animals as Companions In *Animals and human society*. Academic Press. 281–304.
- Milan, J, Blasco-Costa, I. 2012. Molecular evidence of shared hookworm *Ancylostoma tubaeforme* haplotypes between the critically endangered Iberian lynx and sympatric domestic cats. *Vet. Parasitol.* 186: 518–522.
- Nimsuphan, B. 2022. *Helminths of dogs and cats*. The first edition. Department of Parasitology, Faculty of Veterinary Medicine Kasetsart University, Bangkok, Thailand, pp. 168.
- Rojekittikhun, W., Chaisiri, K., Mahittikorn, A., et al. 2014. Gastrointestinal parasites of dogs and cats in a refuge in Nakhon Nayok, Thailand. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 45: 31–39.
- Traub, R.J., Robertson, I.D., Irwin, P., Mencke, N., Andrew Thompson, R.C. 2002. The role of dogs in transmission of gastrointestinal parasites in a remote tea-growing community in northeastern India. *Am J. Trop. Med. Hyg.* 67: 539–545.

สาขาประมง

(Subject: Fisheries)

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

ดัชนีความสมบูรณ์เพศ องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะของปลาก้างพระร่วง *Kryptopterus vitreolus* Ng and Kottetelat, 2013 และคุณภาพน้ำในคลองท่าควาย อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง
Gonadosomatic index, diet composition of Glass catfish *Kryptopterus vitreolus* Ng and Kottetelat, 2013 and water qualities in Tha Khwai canal, Khao Chaison District, Phatthalung Province

สุภาดา ศิริรัฐนิคม^{a,*}, อานุช ศิริรัฐนิคม^a, วิทยา จายูพันธ์^b
Suphada Kiriratnikom^{a,*}, Anut Kiriratnikom^a, Wittaya Jayuphan^b

^aสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

^bเทศบาลตำบลโคกม่วง พัทลุง 93130

^aDepartment of Biological Sciences and Environmental Science, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung 93210, Thailand

^bKhok Muang Municipality, Phatthalung 93130, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: ksuphada@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาเก็บตัวอย่างปลาก้างพระร่วงจากธรรมชาติในคลองท่าควาย อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึงกุมภาพันธ์ 2565 ตรวจสอบดัชนีความสมบูรณ์เพศของปลา องค์ประกอบอาหารในกระเพาะ และคุณภาพน้ำ พบว่า ปลาก้างพระร่วงมีดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงในช่วงเดือนกันยายน 2564 ถึงมกราคม 2565 โดยมีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ถึงธันวาคม (มีค่าสูงสุด 21.02% ในเพศเมีย และ 1.77% ในเพศผู้) องค์ประกอบอาหารในกระเพาะอาหาร พบว่าปลาก้างพระร่วงกินแมลงน้ำ ปลา แมลงปีกแข็งและแมลงอื่นๆ เป็นอาหาร ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถิ่นอาศัยของปลาก้างพระร่วง พบว่ามีออกซิเจนละลายน้ำ 3.8–6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่าง 6.8–7.6 ความเป็นด่าง 42.5–70.5 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต ความกระด้าง 22.0–44.0 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณแอมโมเนียละลายน้ำ 0–0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร การศึกษาสรุปได้ว่า ปลาก้างพระร่วงเป็นปลากินเนื้อ กินอาหารจำพวกแมลงเป็นหลัก ช่วงเวลาที่เหมาะในการเพาะขยายพันธุ์ปลาชนิดนี้อยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม

คำสำคัญ: ดัชนีความสมบูรณ์เพศ, ปลาก้างพระร่วง, อาหารในกระเพาะอาหาร

Abstract

Study on Glass catfish specimens from Tha Khwai canal, Khauchison District Phatthalung Province during February 2021-February 2022. The fish was examining for gonadosomatic index, stomach content and taken the water quality parameters. Results had shown that peak of GSI index in Glass catfish was August 2021-January 2022. The highest peak was November-December (21.02 % in female and 1.77% in male). Stomach contents analysis had shown that Glass catfish was mainly feed on aquatic insects, fish, Coleopteran and other winged insect. Data from natural habitat had shown that Glass catfish prefer to live at DO ranging between 3.8-6.7 mg/L, pH ranging between 6.8-7.4, 42.5–70.5 mg/L as CaCO₃ of alkalinity, 22.0-44.0 mg/L as CaCO₃ hardness and 0–0.12 mg/L ammonia. In conclusion, Glass catfish is a carnivorous fish mostly fed on insect. The suitable period for breeding of this fish is in November-December.

Keywords: Glass catfish, Gonadosomatic index, Stomach content

คำนำ

ปลาก้างพระร่วงเป็นปลาสวยงามที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยในปี พ.ศ. 2559–2560 มีปริมาณการส่งออก 1,456,424-3,017,835 ตัว มูลค่าการส่งออก 2,763,883-12,503,183 บาท (ด้านตรวจสัตว์น้ำท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ, 2560; Khunjaroenrak et al., 2019) ทั้งนี้ปลาก้างพระร่วงในอุตสาหกรรมปลาสวยงามส่งออกในปัจจุบันเป็นปลาที่จับจากธรรมชาติ โดยรวบรวมจากแหล่งน้ำในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดพัทลุง และจังหวัดนราธิวาส สำหรับในจังหวัดพัทลุง พบว่าปลาก้างพระร่วงมีถิ่นอาศัยตามลำน้ำแถบเทือกเขาบรรทัด ในพื้นที่อำเภอเขาชัยสน อำเภอกงหรา อำเภอปากพะยูน ผู้รวบรวมปลาในท้องถิ่นทำการรับซื้อปลาชนิดนี้จากชาวประมงเพื่อขายส่งให้กับผู้ส่งออกในตลาดปลาสวยงาม จตุจักร กรุงเทพมหานคร แต่ด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในถิ่นอาศัย และการจับปลาในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จึงมีแนวโน้มให้ปริมาณปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติเริ่มลดน้อยลง จึงจำเป็นต้องมีการจัดการทรัพยากรปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติ ควบคู่กับการเพาะขยายพันธุ์ และการเลี้ยงปลาก้างพระร่วงในโรงเพาะฟักเพื่อทดแทนการจับปลาจากแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อจำหน่ายในตลาดปลาสวยงาม (ธีรภัทร์ และคณะ, 2553) จากการศึกษาของสุชาติ และคณะ (2549) พบว่าปลาก้างพระร่วงที่เลี้ยงในตู้ จะเริ่มมีความสมบูรณ์เพศเมื่อปลามีความยาวตัว 6.75–7.45 เซนติเมตร โดยพบว่าปลาที่มีพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ในช่วงเดือนกันยายน ถึงพฤศจิกายน แม้ว่ายังไม่มียางานความดกไข่ของปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติ แต่จากการศึกษาของ Khunjaroenrak et al. (2019) พบว่าปริมาณไข่ของแม่ปลาที่ได้รับการกระตุ้นด้วยฮอร์โมนจากการผสมเทียมอยู่ในช่วง 156.80–604.60 ฟองในแม่ปลาที่มีความยาวตัว 8.37–8.49 เซนติเมตร น้ำหนัก 3.43–3.45 กรัมต่อตัว อย่างไรก็ตามข้อมูลด้านการศึกษาเกี่ยวกับฤดูกาล ความสมบูรณ์เพศ และอาหารตามธรรมชาติของปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติยังคงมีน้อย และยังไม่มีการรวบรวมการศึกษาที่จะนำไปสู่การพัฒนาองค์ความรู้ในการเพาะขยายพันธุ์ และแนวทางจัดการทรัพยากรปลาในธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม เช่น ฤดูกาลสืบพันธุ์วางไข่ในธรรมชาติ อาหารตามธรรมชาติ และความต้องการสารอาหารของปลา ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ และเป็นแนวทางการจัดการอาหารพ่อแม่พันธุ์ของปลาชนิดนี้ เพื่อให้มีความสมบูรณ์เพศในระบบการเพาะเลี้ยงได้ การศึกษานี้จึงดำเนินการเพื่อทราบถึงช่วงเวลาที่ปลาก้างพระร่วงมีความสมบูรณ์เพศสูงสุด ซึ่งจะนำมาวางแผนเพาะขยายพันธุ์ปลาชนิดนี้ในโรงเพาะฟัก ตลอดจนทราบถึงอาหารที่ปลากินในธรรมชาตินำไปสู่ข้อมูลความต้องการสารอาหารของปลา และการพัฒนาอาหารสำหรับเลี้ยงปลาก้างพระร่วง ตลอดจนทราบถึงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมที่จะทำให้ปลามีความสมบูรณ์เพศและประยุกต์มาใช้ในการเพาะขยายพันธุ์ปลาชนิดนี้ในโรงเพาะฟักได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการเก็บตัวอย่างปลาในรอบปี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 โดยเก็บตัวอย่างปลาก้างพระร่วง โดยการสอบถามข้อมูลจากชาวประมงในท้องถิ่น และอาศัยความร่วมมือจากสำนักเทศบาลตำบลโคกม่วง อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง เก็บตัวอย่างปลารวม 6 ครั้ง การเก็บข้อมูลแต่ละครั้งจะทำในเวลากลางวัน โดยการใช้สวิงช้อนที่บริเวณริมตลิ่งที่มีพืชน้ำหนาแน่น

การศึกษานี้ดำเนินการภายใต้จรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลองใบอนุญาตใช้สัตว์เลขที่ U1-03275-2559 โดยตัวอย่างปลาที่จับได้จากเครื่องมือประมงทันที จำนวน 40 ตัว แบ่งเป็นตัวอย่างปลามีชีวิตจำนวน 20 ตัว สำหรับศึกษาความสมบูรณ์เพศ โดยขนส่งลำเลียงตัวอย่างปลามีชีวิตด้วยถังพลาสติกปริมาตรน้ำ 10 ลิตร ที่มีเครื่องให้อากาศตลอดเวลา นำตัวอย่างปลามายังห้องปฏิบัติการเพื่อสลบด้วยสารละลาย clove oil 10% ในอัตราส่วน 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 10 ลิตร ซึ่งน้ำหนัก วัดความยาวเหยียด (total length, TL) และเปิดช่องท้องเพื่อชั่งน้ำหนักอวัยวะสืบพันธุ์ เพื่อนำมาตรวจสอบค่าดัชนีอวัยวะสืบพันธุ์ต่อน้ำหนักตัว (gonadosomatic index, GSI) ตามวิธีการของ Wagle (2014) และเก็บ

ตัวอย่างปลาเพื่อศึกษาองค์ประกอบอาหารในกระเพาะอาหาร ทำการสลับปลาด้วยสารละลาย clove oil 10% แล้วจึงเก็บรักษาตัวอย่างปลาในสารละลายฟอร์มาลีน 10 เปอร์เซ็นต์ นำตัวอย่างปลาที่ดองแล้วมาเปิดช่องท้อง เก็บตัวอย่างทางเดินอาหารของปลา ได้แก่ หลอดอาหาร กระเพาะ และลำไส้ เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบอาหารในกระเพาะอาหารของปลา โดยพิจารณาจากจำนวนกระเพาะของปลาที่พบอาหารแต่ละชนิดตามวิธีการของ Hyslop (1980) โดยแยกแยะประเภทของอาหารที่พบตามลักษณะที่ปรากฏ ในกรณีแมลงจืดกลุ่มตามลักษณะปีกแมลงที่พบในกระเพาะอาหารของปลา ตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งอาศัยของปลา ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัด pH (pH meter) ออกซิเจนละลายน้ำ ความเค็ม ความกระด้างโดยวิธีการไตเตรท และปริมาณแอมโมเนียในน้ำด้วยเทคนิคสเปคโตรโฟโตเมตริกตามวิธีการของ Boyd and Tucker (1992)

ผลการศึกษา

คุณภาพน้ำในแหล่งอาศัยของปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติ

จากการศึกษาพบว่าคลองท่าควาย ซึ่งเป็นลำน้ำสาขาของคลองทะเลพระ ตำบลโคกม่วง อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง เป็นลำน้ำที่มีพีชีน้ำและต้นไม้ชายน้ำหนาแน่น มีปลาก้างพระร่วงชุกชุม (Fig. 1) ทำให้ชาวประมงท้องถิ่นนิยมจับปลาก้างพระร่วงจากคลองดังกล่าวเพื่อนำไปจำหน่ายให้กับผู้รวบรวมปลาในท้องถิ่น โดยค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำสูงสุด-ต่ำสุดในรอบปี พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่า 3.8–6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดต่าง 6.8–7.6 ค่าความเป็นด่าง 42.5–76.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความกระด้าง 28.0–44.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแอมโมเนีย 0.00–0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 1)

การศึกษาความสมบูรณ์เพศของปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติ

ความยาว น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ของปลาแต่ละเพศ และดัชนีความสมบูรณ์เพศของปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติ ดัง Table 2 โดยพบว่าช่วงเดือน กุมภาพันธ์-มีนาคม 2564 ปลาก้างพระร่วงที่จับได้ในธรรมชาติมีความยาว (TL) 4.45–6.28 เซนติเมตร มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 0.413–1.179 กรัม ปลาเพศเมียมีดัชนีความสมบูรณ์เพศในช่วง 0.39-1.38 เปอร์เซ็นต์



Fig. 1 Environmental condition of glass catfish at Tha Khwai canal, Khao Chaison District, Phatthalung Province

Table 1 Water qualities of observed habitat of glass catfish at Tha Khwai canal, Khao Chaison District, Phatthalung Province

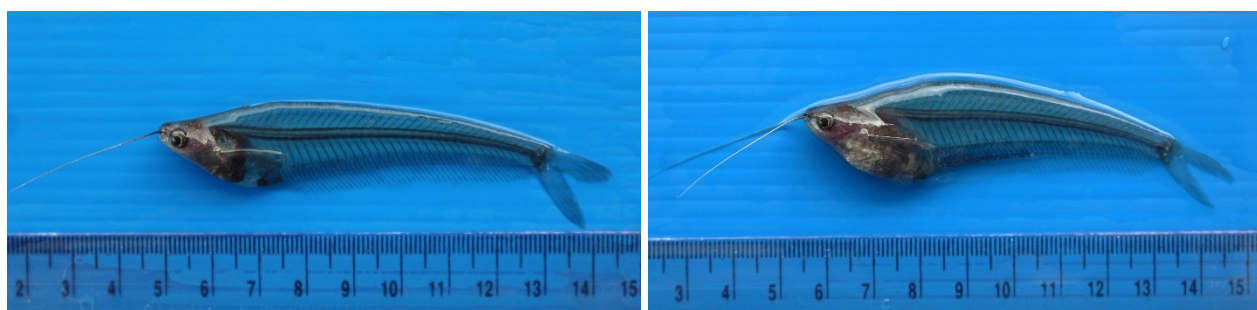
	Dissolved oxygen (mg/l)	pH	Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	Hardness (mg/l as CaCO ₃)	Ammonia (mg/l)
Feb-Mar 21	3.8-4.6	6.8-7.1	45.3-52.4	32.1-34.2	0.10-0.12
May-Jun 21	4.5-6.3	6.8-7.5	50.2-70.4	22.0-38.6	0.03-0.19
JUN- AUG 21	5.0-5.2	7.2-7.6	42.5-60.0	32.4-41.3	> 0.001
SEP- OCT 21	5.7-6.1	7.5-7.6	50.2-55.0	28.0-38.6	> 0.001
Nov-Dec 21	5.0-5.2	7.3-7.4	55.0-60.4	27.4-44.0	0.01-0.03
Jan-Feb 22	6.1-6.7	7.0-7.3	62.4-70.5	35.0-38.0	> 0.001

ปลาเพชผู้มีดัชนีความสมบูรณ์เพศในช่วง 0.42–1.19 เปอร์เซ็นต์ โดยช่วงเดือนดังกล่าวปลาเพชเมียทั้งหมดมีรังไข่ในระยะที่ยังไม่มีพัฒนาการ พบเฉพาะเซลล์ไข่ขนาดเล็กสีขาวภายในรังไข่ ช่วงเดือน พฤษภาคม– มิถุนายน 2564 ปลาที่รวบรวมได้มีความยาวตัว 4.80–5.72 เซนติเมตร มีน้ำหนักในช่วง 0.581–0.706 กรัม ปลาเพชผู้มีดัชนีความสมบูรณ์เพศในช่วง 0.43–1.42 เปอร์เซ็นต์ ปลาเพชผู้มีดัชนีความสมบูรณ์เพศในช่วง 0.36–0.49 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดือน กรกฎาคม– สิงหาคม 2564 พบว่าปลาก้างพระร่วงที่จับได้ในธรรมชาติมีความยาวตัว 4.64–7.32 เซนติเมตร มีน้ำหนักตัว 0.398–1.247 กรัม พบว่าปลาเพชเมียมีดัชนีความสมบูรณ์เพศ 0.47–1.87 เปอร์เซ็นต์ และปลาเพชผู้มีดัชนีความสมบูรณ์เพศ 0.34–0.41 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเดือน กันยายน– ตุลาคม 2564 พบว่าปลาก้างพระร่วงที่จับได้ในธรรมชาติมีความยาวตัว 3.97–6.41 เซนติเมตร มีน้ำหนักตัว 0.384–1.136 กรัม ปลาเพชเมียมีดัชนีความสมบูรณ์เพศ 1.65–5.74 เปอร์เซ็นต์ และปลาเพชผู้ มีดัชนีความสมบูรณ์เพศ 0.35-0.52 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเดือน พฤศจิกายน– ธันวาคม 2564 ปลาก้างพระร่วงที่จับได้ในธรรมชาติ มีความยาวตัว 4.14-6.65 เซนติเมตร มีน้ำหนักตัวอยู่ 0.514–1.174 กรัม ปลาเพชเมียมีดัชนีความสมบูรณ์เพศ 5.36–21.02 เปอร์เซ็นต์ และปลาเพชผู้ มีดัชนีความสมบูรณ์เพศ 0.76–1.77 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเดือน มกราคม 2564 – กุมภาพันธ์ 2565 ปลาก้างพระร่วงที่จับได้ในธรรมชาติมีความยาวตัว 4.64–7.03 เซนติเมตร มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 0.472–1.025 กรัม ปลาเพชเมียมีความสมบูรณ์เพศ 1.47–7.86 เปอร์เซ็นต์ และปลาเพชผู้มีดัชนีความสมบูรณ์เพศ 0.28–0.47 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงสุดของปลาก้างพระร่วงในแต่ละช่วงเดือน พบว่าปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติมีความสมบูรณ์เพศสูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม โดยปลาเพชเมียมีดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงสุด 21.02 เปอร์เซ็นต์ และ ปลาเพชผู้มีดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงสุด 1.77 เปอร์เซ็นต์ โดยปลาเพชผู้ในช่วงที่มีดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงสุดมีลักษณะลำตัวเล็ก ผอมบาง ช่องท้องมีลักษณะแบนเล็กน้อย ส่วนปลาเพชเมียในช่วงที่มีความสมบูรณ์เพศสูงสุด มีลักษณะช่องท้องขยายใหญ่ สังเกตเห็นไข่มีการพัฒนาเป็นรังไข่สีเหลือง หรือสีส้มอยู่ภายในช่องท้อง (Fig. 2)

Table 2 Size and gonadosomatic index of Glass catfish during the study period

	Body length (cm)	Body weight (g)	Sex ratio (male : female)	Female GSI (%)	Male GSI (%)
Feb-Mar 21	4.45 – 6.28	0.413-1.179	1 : 3	0.39-1.38	0.42-1.19
May-Jun 21	4.80 – 5.72	0.581-0.706	1 : 1.5	0.43-1.42	0.36-0.49
JUN- AUG 21	4.64 – 7.32	0.398-1.247	1 : 1.86	0.47-1.87	0.34-0.41
SEP- OCT 21	3.97 – 6.41	0.384-1.136	1 : 1.5	1.65-5.74	0.35-0.52
Nov-Dec 21	4.84 – 6.65	0.614-1.951	1 : 1.86	5.36-21.02	0.76-1.77
Jan-Feb 22	4.64 – 7.03	0.472-1.025	1 : 1.22	1.47-7.86	0.28-0.47

**Fig. 2** Sexual dimorphism of matured Glass catfish in November 2021 (Left : male, Right : female)

การศึกษาอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของปลาในธรรมชาติ

จากการศึกษาองค์ประกอบอาหารในกระเพาะของปลาในรอบปี (Table 3) พบตัวอ่อนแมลงอยู่ในช่วง 15–20 เปอร์เซ็นต์ เนื้อปลาหรือเนื้อสัตว์อยู่ในช่วง 10–15 เปอร์เซ็นต์ แมลงน้ำอยู่ในช่วง 50–60 เปอร์เซ็นต์ แมลงมีเปลือกอยู่ในช่วง 15–30 เปอร์เซ็นต์ และแมลงมีปีกอยู่ในช่วง 5–15 เปอร์เซ็นต์ (Table 3 and Fig. 3)

Table 3 Diet composition (%) of Glass catfish during February 2021- February 2022

	Insect larvae (%)	Fish (%)	Aquatic insect (%)	Coleopteran (%)	Winged insect (%)
Feb-Mar 21	15	10	50	15	10
May-Jun 21	15	-	50	30	5
JUN- AUG 21	20	10	55	-	15
SEP- OCT 21	15	-	55	15	15
Nov-Dec 21	20	10	60	-	10
Jan-Feb 22	20	10	50	15	5

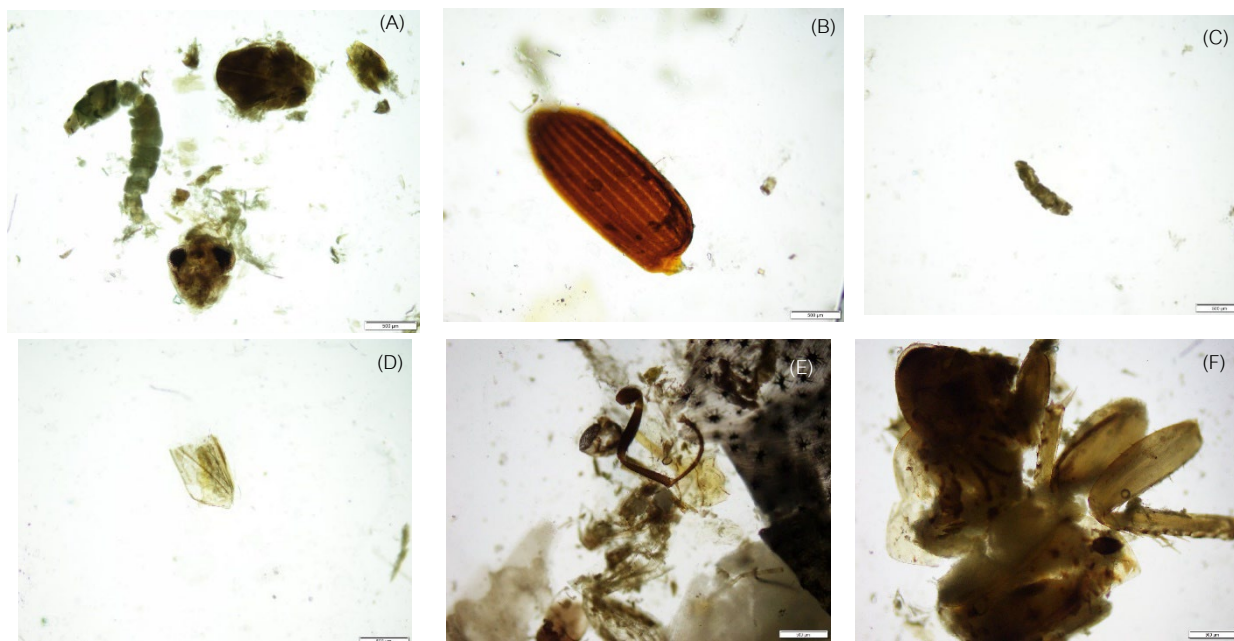


Fig. 3 Types of diet the Glass catfish during the study period. Insect larvae 1 (A); Coleopteran (B); Insect larvae 2 (C); Winged insect (D); Aquatic insect (E and F)

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าพบว่าปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติกินแมลงเป็นอาหารหลัก ซึ่งตามธรรมชาติปลาก้างพระร่วงมีพฤติกรรมอาศัยในบริเวณริมตลิ่งที่รากไม้หนาแน่นในเวลากลางวัน และหากินในเวลากลางคืน คาดว่าปลาก้างพระร่วงมีพฤติกรรมหากินบริเวณผิวน้ำและกลางน้ำ ในเวลากลางคืน เพื่อจับแมลงชนิดต่างๆ ที่มาวางไข่ในน้ำ สอดคล้องกับรายงานของธีรภัทร์ และคณะ (2553) ที่ศึกษาการทำประมงปลาก้างพระร่วงในจังหวัดพัทลุง พบว่าการจับปลาของชาวประมงในเวลากลางคืน โดยการล่อให้ปลาเข้ามากินเหยื่อล่อ ซึ่งใช้เนื้อปลาดุกต้มขยี้เป็นชิ้นเล็กๆ เป็นเหยื่อล่อที่ผิวน้ำในเวลากลางคืน หลังจากนั้นใช้สวิงช้อนฝูงปลาก้างพระร่วงที่เข้ามากินเหยื่อล่อ เพื่อนำไปจำหน่ายในตลาดปลาสวยงามต่อไป จากข้อมูลในการศึกษาค้นคว้านี้ทำให้คาดการณ์ว่าปลาก้างพระร่วงเป็นปลากินเนื้อที่มีความต้องการโปรตีนสูง นอกจากนี้การพบแมลงมีปีกในกระเพาะของปลาก้างพระร่วงทำให้คาดการณ์ว่าปลาก้างพระร่วงเป็นปลาที่มีพฤติกรรมหากินที่ผิวน้ำ เมื่อพิจารณาจากประเภทอาหาร และการกินอาหารของปลาก้างพระร่วง พบว่ามีความแตกต่างจากลักษณะประเภทอาหารในทางเดินอาหารของปลาในสกุลปลาชะโอน *Ompok pabda* ในประเทศอินเดีย ซึ่งพบหนอนปล้อง และไส้เดือน 35 เปอร์เซ็นต์ ครัสตาเซีย 15 เปอร์เซ็นต์ เนื้อปลา 10 เปอร์เซ็นต์ แพลงค์ตอนสัตว์ 10 เปอร์เซ็นต์ แพลงค์ตอนพืช และเศษพืช 10 เปอร์เซ็นต์ ตัวอ่อนครัสตาเซีย 2 เปอร์เซ็นต์ ดินทราย 3 เปอร์เซ็นต์ และอื่นๆ 15 เปอร์เซ็นต์ (Bhattacharjee and Pal, 2020) ซึ่งเป็นปลาที่มีพฤติกรรมหากินบริเวณหน้าดิน จึงทำให้มีประเภทอาหารในทางเดินอาหารที่แตกต่างกัน ขณะที่การศึกษาค้นคว้าประกอบอาหารในกระเพาะอาหารของปลาชะโอน *Ompok bimaculatus* พบว่าปลาชะโอนกินแมลง แพลงค์ตอนสัตว์ กุ้ง ปลา และเศษพืชเป็นอาหาร ซึ่งเป็นลักษณะของอาหารที่พบในปลาที่มีพฤติกรรมหากินบริเวณผิวน้ำและกลางน้ำ (Gupta, 2015) ซึ่งคล้ายคลึงกับลักษณะอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของปลาก้างพระร่วง

การสำรวจดัชนีความสมบูรณ์เพศของปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติที่อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง พบว่าปลาก้างพระร่วงมีความสมบูรณ์เพศสูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน อย่างไรก็ตามสามารถพบปลาก้างพระร่วงเพศเมียที่มีลักษณะ

ไข่สมบูรณ์ได้ตั้งแต่เดือนกันยายนจนถึงมกราคม ทั้งนี้จากการศึกษาของสุชาติ และคณะ (2549) พบว่าปลาก้างพระร่วงที่เลี้ยงในตู้กระจกเริ่มมีความสมบูรณ์เพศเมื่อปลา มีขนาดความยาวตัว 6.75–7.45 เซนติเมตร โดยปลามีพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ในช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน ทั้งนี้ปลาก้างพระร่วงในธรรมชาติมีความสมบูรณ์เพศสูงสุดในเวลาที่ มีปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมากที่สุด อย่างไรก็ตามช่วงเวลาดังกล่าวมีอุณหภูมิต่ำลง ช่วงแสงที่ สิ้นลงในเวลากลางวัน อาหารตามธรรมชาติของปลามีปริมาณมาก ตลอดจนมีการชะล้างแร่ธาตุต่างๆ จากแผ่นดินลงใน แหล่งน้ำมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นปัจจัยร่วมที่มีผลให้ปลามีความสมบูรณ์เพศ ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมของปลาน้ำจืดอื่นๆ ตามธรรมชาติดังรายงานของศราวู และคณะ (2538) ที่พบว่าปลาดุกกล้าพันธุ์ที่เขตพสุใต้ะแดงจังหวัดนครราชสีมามีฤดูวางไข่ อยู่ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในรอบปี

สรุป

การศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าตามธรรมชาติปลาก้างพระร่วงเป็นปลากินเนื้อ โดยกินแมลงน้ำ ตัวอ่อนแมลง ปลา แมลงเปลือกแข็ง และแมลงมีปีกเป็นอาหารหลัก ในแหล่งน้ำธรรมชาติของอำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุงพบว่าปลาก้าง พระร่วงจะมีความสมบูรณ์เพศในช่วงเดือนกันยายน ถึงมกราคม โดยมีดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ทั้งนี้คุณภาพน้ำในฤดูกาลที่ปลาก้างพระร่วงมีความสมบูรณ์เพศสูงสุดมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 5.0–5.2 มิลลิกรัมต่อ ลิตร ความเป็นกรด-ด่าง 7.3–7.4 ความเป็นด่าง 55.0–60.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้าง 27.4–44.0 และปริมาณ แอมโมเนียในน้ำ 0.01–0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ข้อมูลจากการวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการ เพาะเลี้ยงปลาชนิดนี้ อีกทั้งยังสามารถวางแผนการจัดการอาหารสำหรับเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาก้างพระร่วงในโรงเพาะฟัก โดยพิจารณาใช้อาหารที่มีโปรตีนสูง และอาจใช้ตัวอ่อนแมลงเป็นอาหารสดเสริมในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลา โดยควร วางแผนในการเพาะขยายพันธุ์ปลาชนิดนี้ในช่วงเดือนตุลาคม ถึงธันวาคม ซึ่งเป็นเวลาที่ปลามีความสมบูรณ์เพศสูง ซึ่ง จะทำให้มีโอกาสเพาะขยายพันธุ์ปลาชนิดนี้ได้มากขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการวิจัยเรื่อง “การเพาะเลี้ยงปลาก้างพระร่วง (*Kryptopterus vitreolus*) ในโรงเพาะฟัก และการพัฒนาเป็นปลาสวยงามเพื่อการส่งออก” สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2564

เอกสารอ้างอิง

- ด้านตรวจสัตว์น้ำท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ. 2560. สถิติการนำเข้า ส่งออก และนำผ่านสัตว์น้ำทางท่าอากาศยานสุวรรณ ภูมิประจำปี 2560. ด้านตรวจสัตว์น้ำท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ. สมุทรปราการ.
- ธีรภัทร์ ตงวัฒนาการ, ชไมพร แก้วศรีทอง, สุวิมล สี่หิรัญวงศ์. 2553. การแพร่กระจาย และสภาวะการประมงปลาก้างพระ ร่วงในจังหวัดพัทลุง. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ศราวู เจาะโสีะ, สุวิมล สี่หิรัญวงศ์, พรพนม พรหมแก้ว. 2538. ชีวิตวิทยาบางประการของปลาดุกกล้าพันธุ์. รายงานการสัมมนา ประจำปี 2538 กรมประมง. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สุชาติ ไกรสุรสิทธิ์, ไพบุลย์ วัฒนกิจ, ธีรวัฒน์ จริตงาม. 2549. การเลี้ยงปลาก้างพระร่วงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์. สำนักวิจัยและ พัฒนา กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

- Bhattacharjee, P., Pal, P. 2020. Study on length weight relationship and feeding habits of a threaten fish *Ompok pubda* from Tripura, India. J. Entomol. Zool. Stud. 8: 1971–1975.
- Boyd, C.E., Tucker, C.S. 1992. Water Quality and Pond Soil Analysis for Aquaculture. Agricultural Experiment Station, Alabama, AL, USA.
- Gupta, S. 2015. An overview on feeding habitat, reproductive biology and induced breeding of *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794). Eur. J. Biol. Sci. 7: 147–153.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis-A review of methods and their application. J. Fish Biol. 17: 41–429.
- Khunjaroenrak, W., Ponza, P., Ponza, S. 2019. Induced breeding of glass catfish, *Kryptopterus vitreolus* (Ng and Kottelat, 2013). Journal of Fisheries and Environmental 43: 19–29.
- Wagle, S.K. 2014. Studies on gonadosomatic index, fecundity and hatchability of domesticated stock of Asala *Schizothorax richardsonii* (Gray) from Nallu River of Lalitpur District. Our Nature 12: 19–27.

ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

Diversity of phytoplankton in Sriracha bay, Chonburi province

อลงกต อินทรชาติ^{a,*}, กนกวรรณ ขาวด่อน^a, ธนัสพงษ์ โภควนิช^b, กิจสารธ อ้นเงินทยากร^c

Alongot Intarachart^{a,*}, Kanokwan Khaodon^a, Tanuspong Pokavanich^b, Kijst Onngerthayakorn^c

^aสถานีวิจัยประมงศรีราชา ศูนย์บริหารงานวิจัยและสนับสนุนวิชาการ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^cศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

^aSriracha Fisheries Research Station, Center for Research and Academic Support Administration, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^cCentre for Agricultural Information, Office of Agricultural Economics, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: perna45@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี รวม 6 สถานี โดยเก็บตัวอย่างทุกเดือน ๆ ละครั้ง รวมจำนวน 12 ครั้ง ระหว่างเดือนสิงหาคม 2563 ถึงเดือนกรกฎาคม 2564 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดรวม 117 สกุล 308 ชนิด แบ่งออกเป็น 3 ดิวิชัน ได้แก่ ดิวิชัน Cyanophyta พบจำนวน 7 สกุล 12 ชนิด ดิวิชัน Chlorophyta พบจำนวน 9 สกุล 12 ชนิด และดิวิชัน Chromophyta พบจำนวน 101 สกุล 284 ชนิด โดยมีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.13×10^6 – 6.15×10^8 เซลล์ต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าดัชนีความหลากหลายอยู่ในช่วง 0.82–3.77 และมีค่าดัชนีความสม่ำเสมออยู่ในช่วง 0.19–0.86 พบกลุ่มไดอะตอมที่มีการแพร่กระจายมากที่สุด ได้แก่ *Chaetoceros* spp. โดยพบ *Chaetoceros curvisetus* Cleve เป็นชนิดที่มีปริมาณมากที่สุด

คำสำคัญ: ความหลากหลาย, จังหวัดชลบุรี, แพลงก์ตอนพืช, อ่าวศรีราชา

Abstract

The research aimed to study phytoplankton's distribution in Sriracha Bay, Chonburi Province, from 6 stations. Samples were collected once a month in a total of 12 times from August 2020 to July 2021. As a result, 117 genera 308 species of phytoplankton were found. They included 3 Divisions, namely, Division Cyanophyta with 7 genera 12 species, Division Chlorophyta with 9 genera 12 species, and Division Chromophyta with 101 genera 284 species. The density ranged from 1.13×10^6 to 6.15×10^8 cell/m³. Furthermore, the diversity index and evenness index ranged 0.82 to 3.77 and 0.19 to 0.86, respectively. The dominant species were *Chaetoceros* spp. especially *Chaetoceros curvisetus* Cleve.

Keywords: Chonburi province, Diversity, Phytoplankton, Sriracha bay

คำนำ

บริเวณอ่าวศรีราชาเป็นแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่น้ำจืดที่สำคัญของชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก แต่ปัญหาอุปสรรคที่สำคัญของเกษตรกรที่เลี้ยงหอยแมลงภู่น้ำจืดบริเวณอ่าวศรีราชาคือ การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี จากรายงานการศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 พบแพลงก์ตอนพืชที่มีการสะสมบริเวณนี้หลัก ๆ 3 ชนิด ได้แก่ *Noctiluca scintillans*, *Chaetoceros curvisetus* และ *Karenia cf. mikimotoi* (อลงกต และคณะ, 2564) โดยปกติแล้วการสะสมของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวศรีราชาที่ผ่านมาและส่งผลกระทบต่อ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะการเลี้ยงหอยแมลงภู่น้ำจืดจะเป็น *Noctiluca scintillans* หรือ *Ceratium furca* สลับกันปีเว้นปีโดยสร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรที่เลี้ยงหอยแมลงภู่น้ำจืดน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เป็นตัวแปรสำคัญในการเลือกอ่าวที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชทั้งสองชนิดนี้ แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบ *Karenia cf. mikimotoi* เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งชนิด ซึ่งถือว่าเป็นชนิดที่น่าสนใจ เพราะเมื่อเกิดการสะสมของ *Karenia cf. mikimotoi* จะทำให้หอยแมลงภู่น้ำจืดนั้นตายเป็นจำนวนมากอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตของหอยแมลงภู่น้ำจืดใน รอบปี ถือว่าเป็นชนิดที่คาดการณ์ว่าจะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรที่เลี้ยงหอยแมลงภู่น้ำจืด จึงควรต้องมีการเฝ้าติดตามแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการศึกษารวบรวมชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวศรีราชาในครั้งนี้นี้จึงเป็นการศึกษาต่อเนื่องจากช่วงปี 2562-2563 ที่ผ่านมา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชซึ่งอาจใช้ประเมินผลกระทบต่าง ๆ ตลอดจนการติดตามและประเมินผลการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีที่เกิดขึ้นในรอบปีหรือในรอบฤดูกาลบริเวณอ่าวศรีราชาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี จำนวนทั้งสิ้น 6 สถานี (Fig. 1 และ Table 1) เดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2563 ถึงเดือนกรกฎาคม 2564 โดยเก็บแพลงก์ตอนพืชจากระดับต่ำกว่าผิวน้ำ 3 เมตร จำนวน 20 ลิตร กรองตัวอย่างผ่านถุงลากลากแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 22 ไมโครเมตร เก็บรักษาตัวอย่างด้วยฟอร์มาลินเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ (พรศิลป์, 2536) นำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรใส่ลงในสไลด์นับเซลล์ (Sedgwick-Rafter Counting chamber) ขนาดความจุ 1 มิลลิลิตร ทำการนับจำนวนและจำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืชด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง โดยใช้เอกสารที่ใช้จำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ ลัดดา (2544), Yamaji (1984) และ Tomas (1993)

Table 1 Location of sampling stations at Sriracha bay, Chonburi province

Station	Longitude (Degree)	Latitude (Degree)
S1	100.9219	13.22313
S2	100.9211	13.18621
S3	100.9019	13.15555
S4	100.8672	13.16697
S5	100.8863	13.19814
S6	100.8925	13.23386

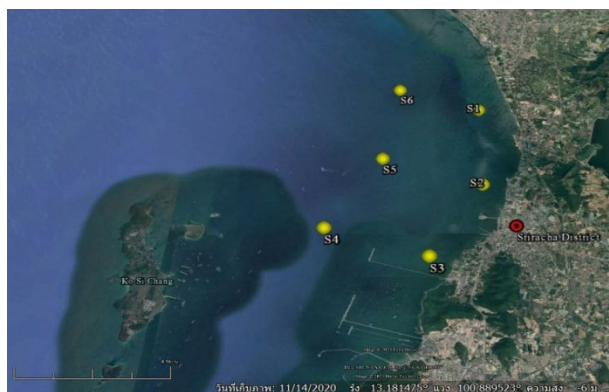


Fig. 1 Location of study site and sampling stations at Sriracha bay, Chonburi province

Source: <http://www.google.co.th>

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ผลการศึกษานิตและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 6 สถานี ระหว่างเดือนสิงหาคม 2563 ถึงเดือนกรกฎาคม 2564 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 3 ดิวิชัน (Division) ประกอบด้วย ดิวิชัน Cyanophyta พบจำนวน 7 สกุล 12 ชนิด ดิวิชัน Chlorophyta พบจำนวน 9 สกุล 12 ชนิด และดิวิชัน Chromophyta พบจำนวน 101 สกุล 284 ชนิด รวมทั้งหมด 117 สกุล 308 ชนิด (Table 2) แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในกลุ่มไดอะตอม การที่พบไดอะตอมเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นเนื่องจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มอื่น ๆ (เชษฐพงษ์ และคณะ, 2556) รองลงมาคือกลุ่มไดโนแฟลเจลเลต (Fig. 3) โดยพบความหนาแน่นอยู่ในช่วงระหว่าง 1.13×10^6 – 6.15×10^6 เซลล์ต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าดัชนีความหลากหลายอยู่ในช่วงระหว่าง 0.82–3.77 และค่าดัชนีความสม่ำเสมออยู่ในช่วงระหว่าง 0.19–0.86

ในทะเลจะพบแพลงก์ตอนพืชหลายกลุ่มและหลายชนิดอยู่ร่วมกันในปริมาณความหนาแน่นของแต่ละชนิดไม่มากนัก แต่ในบางครั้งเราอาจพบว่าแพลงก์ตอนพืชบางชนิดเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว (bloom) หรือมีความหนาแน่นมากจนทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งเราเรียกกันว่า ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide) ทั้งนี้สีเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นหรือเป็นสาเหตุ การเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชมีทั้งที่เป็นประโยชน์และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ซึ่งบางกรณีเป็นเหตุให้สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมากเนื่องจากคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมลง เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงต่ำมากหรือแพลงก์ตอนพืชปล่อยสารพิษหลังที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำออกมา เช่น แอมโมเนีย ซึ่งแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในขณะที่เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500–2544 แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้ กลุ่มแรกเป็นพอกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Trichodesmium erythraeum* (*Oscillatoria erythraeum*) กลุ่ม 2 ไดโนแฟลเจลเลต ได้แก่ *Noctiluca scintillans*, *Ceratium furca*, *Dinophysis caudata*, *Cochlodinium* sp. Ciliated กลุ่ม *Mesodinium rubrum* และกลุ่มสุดท้ายเป็นพอกไดอะตอม ได้แก่ *Chaetoceros* spp., *Skeletonema costatum* และ *Coscinodiscus* sp. เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณจังหวัดชลบุรีในอดีต (บริเวณอ่างศิลา แหลมแท่น บางแสน และเกาะสีชัง) พบว่า แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของน้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณนี้ ได้แก่ ไดโนแฟลเจลเลต *Ceratium furca*, *Noctiluca scintillans* ไดอะตอม *Skeletonema costatum* และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Trichodesmium* sp. (*Oscillatoria* sp.) ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่สามารถสร้างสารพิษที่พบได้ในบริเวณนี้ ได้แก่ ไดโนแฟลเจลเลต *Alexandrium* spp., *Ceratium* spp. *Dinophysis caudata* และ *Prorocentrum micans* แต่พบในปริมาณน้อย ยกเว้น *Ceratium* spp. แต่อย่างไรก็ตามไดโนแฟลเจลเลต

Ceratium furca ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของน้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณนี้ไม่เคยมีรายงานสร้างสารชีวพิษ (สมภพ, 2543; ชลธยา และสมภพ, 2545) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งพบแพลงก์ตอนพืชแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มไดอะตอม กลุ่มไดโนแฟลเจลเลต และกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

เมื่อเปรียบเทียบจากการศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 โดยชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบมากที่สุดในบริเวณที่ทำการศึกษา ได้แก่ *Noctiluca scintillans*, *Chaetoceros curvisetus* และ *Karenia cf. mikimotoi* โดยมีการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชที่แตกต่างกันในแต่ละเดือน (อลงกต และคณะ, 2564) จากการศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณนี้พบกลุ่มไดอะตอมที่พบอยู่เป็นประจำและมีการแพร่กระจายมากที่สุด ได้แก่ *Chaetoceros* spp. และพบ *Chaetoceros curvisetus* มีปริมาณมากที่สุดจนเกิดการสะพรั่งบริเวณสถานีที่ 3 ในเดือนเมษายน 2564 ส่วน *Karenia cf. mikimotoi* ที่พบมากในช่วงระหว่างเดือนสิงหาคม 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 (อลงกต และคณะ, 2564) ซึ่งมีการแพร่กระจายและเกิดการสะพรั่งส่งผลกระทบต่อตายของสัตว์น้ำนั้นกลับพบในปริมาณที่น้อยและพบในช่วงระยะเวลาเพียงสั้น ๆ 2-3 วัน ตลอดช่วงเดือนมีนาคม 2564 ถึงเดือนเมษายน 2564 เท่านั้น ส่วนกลุ่มของ *Noctiluca scintillans* ที่พบน้อยมากแค่บางเดือนกลับพบมากและมีการแพร่กระจายในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม 2564 เกิดการสะพรั่งเป็นช่วง ๆ แต่สิ่งที่น่าสนใจคือ *Karenia cf. mikimotoi* ที่พบมากในช่วงปีที่ผ่านมาก็เริ่มพบมีการแพร่กระจายทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณอ่าวศรีราชาเป็นครั้งแรกและมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อมีค่าความเค็มและอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ส่งผลให้หอยแมลงภู่ที่เลี้ยงบริเวณนี้ตายเป็นจำนวนมากและไม่พบลูกหอยใหม่มาเกาะตามวัสดุที่ใช้ล่อลูกหอยแมลงภู่เลยจะพบปริมาณน้อยในการศึกษารุ่นนี้ ในขณะที่เดียวกัน *Noctiluca scintillans* ซึ่งพบในปีที่ผ่านมาปริมาณน้อยหรือแทบไม่พบเลยในบางเดือน จะพบปริมาณมากในการศึกษาปีนี้ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่มีค่าความเค็มของน้ำทะเลต่ำ (ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืด) และเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีในการศึกษารุ่นนี้ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการสะพรั่งในช่วงฤดูฝน แสดงว่า *Karenia cf. mikimotoi* และ *Noctiluca scintillans* น่าจะเป็นแพลงก์ตอนพืชที่แย่งชิงพื้นที่ในการเจริญเติบโตซึ่งกันและกันโดยมีปัจจัยในการควบคุมคือความเค็มและอุณหภูมิ แต่ผลกระทบที่เกิดกับหอยแมลงภู่จากแพลงก์ตอนพืช *Karenia cf. mikimotoi* จะมีมากกว่า *Noctiluca scintillans* เพราะหลังจากการสะพรั่งของ *Karenia cf. mikimotoi* หอยแมลงภู่จะตายและไม่มีลูกหอยใหม่มาลงเกาะวัสดุเลย แต่หลังจากการสะพรั่งของ *Noctiluca scintillans* หอยแมลงภู่อาจมีตายบ้างเป็นบางส่วนขึ้นอยู่กับระยะเวลาการสะพรั่งและช่วงระยะเวลาของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ลดต่ำลงว่านานเพียงใด แต่จะมีลูกหอยใหม่เกิดขึ้น โดยสภาวะปกติจะเป็นการสะพรั่งของ *Chaetoceros* spp. โดยเฉพาะ *Chaetoceros curvisetus*

Table 2 Dominant species and density of phytoplankton in Sriracha bay, Chonburi province

Monthly	Station	Total	Diversity Index	Total Density (cell/m ³)	Dominant Species	% Dominant Species
Aug. 2020	S1	35 genera 56 species	2.39	2.67 X10 ⁷	<i>Scrippsiella trocoidea</i>	39.01
	S2	31 genera 47 species	1.73	3.96 X10 ⁷		53.77
	S3	25 genera 25 species	2.01	2.47 X10 ⁷		56.16
	S4	21 genera 21 species	2.08	1.88 X10 ⁷		29.06
	S5	22 genera 22 species	2.35	1.08 X10 ⁷	<i>Oscillatoria tenuis</i>	30.87
	S6	27 genera 27 species	2.85	1.23 X10 ⁷		27.95
Sep. 2020	S1	38 genera 76 species	1.70	6.15 X10 ⁸	<i>Skeletonema costatum</i>	38.90
	S2	41 genera 69 species	3.18	1.36 X10 ⁷	<i>Chaetoceros</i> sp.	18.86
	S3	28 genera 69 species	1.50	2.60 X10 ⁸	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	61.97
	S4	26 genera 58 species	1.24	2.16 X10 ⁸		76.09
	S5	21 genera 55 species	1.58	1.68 X10 ⁸		68.77
	S6	29 genera 73 species	1.39	2.04 X10 ⁸		71.69
Oct. 2020	S1	30 genera 56 species	3.31	9.03X10 ⁶	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	11.67
	S2	27 genera 50 species	2.76	1.32 X10 ⁶	<i>Thalassiosira subtilis</i>	35.07
	S3	33 genera 56 species	2.33	2.83 X10 ⁶		45.99
	S4	36 genera 76 species	3.41	3.89 X10 ⁶		21.26
	S5	34 genera 57 species	2.71	4.46 X10 ⁶		40.67
	S6	35 genera 57 species	3.14	1.13 X10 ⁶		28.59
Nov. 2020	S1	29 genera 50 species	2.92	4.56 X10 ⁶	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	29.32
	S2	37 genera 68 species	3.02	7.21 X10 ⁶		19.13
	S3	31 genera 63 species	2.15	3.67 X10 ⁷	<i>Pleurosigma angulatum</i>	40.74
	S4	39 genera 70 species	3.51	5.33 X10 ⁶	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	11.70
	S5	32 genera 59 species	3.29	3.70 X10 ⁶		15.60
	S6	35 genera 59 species	3.20	5.05 X10 ⁶		20.36
Dec. 2020	S1	28 genera 47 species	3.33	4.14 X10 ⁶	<i>Chaetoceros</i> sp.	10.42
	S2	31 genera 55 species	3.12	5.24 X10 ⁶		14.57
	S3	34 genera 69 species	3.19	1.82 X10 ⁷	<i>Pleurosigma angulatum</i>	15.55
	S4	37 genera 72 species	3.23	1.82 X10 ⁷	<i>Bacteriastrium elondatum</i>	17.44
	S5	31 genera 67 species	2.72	2.64 X10 ⁷	<i>Pleurosigma angulatum</i>	25.74
	S6	35 genera 64 species	2.42	1.90 X10 ⁷		41.85
Jan. 2021	S1	36 genera 63 species	3.39	7.57 X10 ⁶	<i>Chaetoceros compressus</i>	9.54
	S2	42 genera 66 species	2.69	2.56 X10 ⁷		22.39
	S3	60 genera 79 species	3.10	4.98 X10 ⁷		17.81
	S4	36 genera 77 species	3.07	4.63 X10 ⁷	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	14.22
					<i>Chaetoceros compressus</i>	13.27
	S5	27 genera 71 species	3.17	2.81 X10 ⁷	<i>Chaetoceros compressus</i>	14.73
S6	38 genera 81 species	3.02	4.36 X10 ⁷		22.64	

Table 2 (Cont.) Dominant species and density of phytoplankton in Sriracha bay, Chonburi province

Monthly	Station	Total	Diversity Index	Total Density (cell/m ³)	Dominant Species	% Dominant Species
Feb. 2021	S1	22 genera 30 species	2.51	4.63 X10 ⁷	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	35.10
	S2	38 genera 72 species	2.79	7.57 X10 ⁶		26.50
	S3	34 genera 67 species	1.95	2.56 X10 ⁷	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	63.16
	S4	41 genera 92 species	3.32	4.98 X10 ⁷		21.74
	S5	47 genera 91 species	3.47	4.63 X10 ⁷		26.05
	S6	40 genera 92 species	3.36	4.63 X10 ⁷		21.87
Mar. 2021	S1	44 genera 74 species	2.76	1.27 X10 ⁷	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	38.71
	S2	47 genera 89 species	2.99	1.83 X10 ⁷		37.23
	S3	35 genera 73 species	3.19	1.29 X10 ⁷		26.88
	S4	36 genera 82 species	3.25	2.61 X10 ⁷		16.56
	S5	46 genera 90 species	3.59	3.03 X10 ⁷		15.29
	S6	39 genera 87 species	3.77	4.34 X10 ⁷		17.48
Apr. 2021	S1	40 genera 68 species	3.32	1.01 X10 ⁶	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	13.49
	S2	35 genera 60 species	1.42	1.68 X10 ⁷		75.12
	S3	40 genera 75 species	0.82	1.33 X10 ⁶		86.85
	S4	41 genera 75 species	2.86	7.47 X10 ⁶		41.51
	S5	47 genera 92 species	3.33	7.20 X10 ⁶		25.78
	S6	46 genera 91 species	3.43	5.81 X10 ⁶		19.38
May 2021	S1	36 genera 56 species	3.37	1.16 X10 ⁷	<i>Cocconeis scutellum</i>	8.78
	S2	25 genera 48 species	2.97	8.10 X10 ⁶	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	20.11
	S3	32 genera 50 species	2.62	4.70 X10 ⁶	<i>Belleroche horologicalis</i>	22.04
	S4	21 genera 34 species	2.71	3.92 X10 ⁶	<i>Noctiluca scintillans</i>	25.89
	S5	24 genera 39 species	1.69	1.96 X10 ⁷	<i>Cylindrotheca closterium</i>	58.61
	S6	25 genera 36 species	1.60	2.09 X10 ⁷		58.10
June 2021	S1	42 genera 76 species	2.81	6.79 X10 ⁷	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	28.11
	S2	39 genera 66 species	2.56	4.12 X10 ⁷		30.69
	S3	42 genera 82 species	2.55	8.46 X10 ⁷		41.02
	S4	35 genera 66 species	2.63	5.70 X10 ⁷		32.94
	S5	32 genera 60 species	2.73	1.01 X10 ⁸		24.44
	S6	32 genera 61 species	2.74	9.96 X10 ⁷		26.21
July 2021	S1	33 genera 50 species	2.55	3.26 X10 ⁷	<i>Noctiluca scintillans</i>	18.30
	S2	37 genera 59 species	3.01	1.31 X10 ⁷	<i>Eucampia zodiacus</i>	20.95
	S3	37 genera 62 species	2.71	2.43 X10 ⁷		23.80
	S4	35 genera 60 species	2.34	5.01 X10 ⁷	<i>Lauderia annulata</i>	37.25
	S5	37 genera 71 species	2.41	7.83 X10 ⁷		29.99
	S6	37 genera 60 species	2.55	5.19 X10 ⁷		18.95

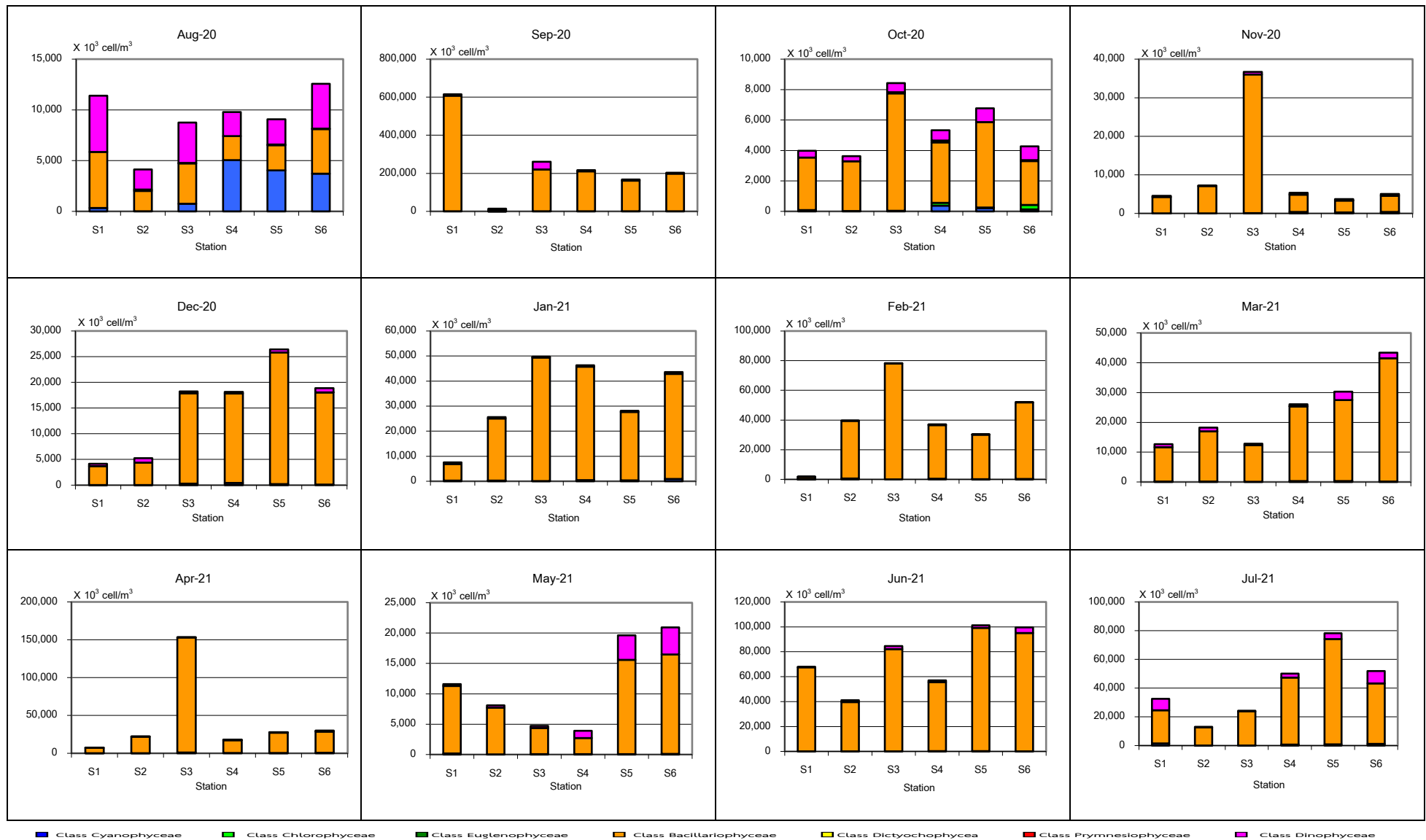


Fig. 3 Total abundance of phytoplankton at sampling stations during August 2020-July 2021

สรุป

การศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณระหว่างเดือนสิงหาคม 2563 ถึงเดือนกรกฎาคม 2564 ทั้งหมด 6 สถานี พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 3 ดิวิชัน ได้แก่ ดิวิชัน Cyanophyta พบจำนวน 7 สกุล 12 ชนิด ดิวิชัน Chlorophyta พบ 9 สกุล 12 ชนิด และดิวิชัน Chromophyta พบ 101 สกุล 284 ชนิด รวมทั้งหมด 117 สกุล 308 ชนิด แพลงก์ตอนส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในกลุ่มไดอะตอม รองลงมาคือกลุ่มไดโนแฟลเจลเลต โดยพบความหนาแน่นอยู่ในช่วง $1.13 \times 10^6 - 6.15 \times 10^8$ เซลล์ต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าดัชนีความหลากหลายอยู่ในช่วง 0.82–3.77 และค่าดัชนีความสม่ำเสมออยู่ในช่วง 0.19–0.86 พบกลุ่มไดอะตอมที่มีการแพร่กระจายมากที่สุด ได้แก่ *Chaetoceros* spp. โดยพบ *Chaetoceros curvisetus* Cleve เป็นชนิดที่พบมีปริมาณมากที่สุดและมีการสะพรั่งในบางเดือน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการจ้างพัฒนาแบบจำลองทางสมุทรศาสตร์และระบบเตือนภัยล่วงหน้าบริเวณอ่าวไทย ระยะที่ 3 ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) และขอขอบคุณ รศ. ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการช่วยจำแนกแพลงก์ตอนพืชชนิด *Karenia* cf. *mikimotoi*

เอกสารอ้างอิง

- ชลธยา ทรงรูป, สมภพ รุ่งสุภา. 2545. แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่เป็นสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณจังหวัดชลบุรี. ใน: การประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ: การจัดการและการใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการ. เชียงใหม่, หน้า 157–164.
- เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, นิศรา ถาวรโสตร์, บุญพริกา ทองดอนพุ่ม, อรุณศรี เวชสิทธิ์. 2556. การศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนกลาง. ใน: การสัมมนาวิชาการเรื่องผลการสำรวจทรัพยากรประมงและสิ่งแวดล้อมทางทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนกลางโดยเรือสำรวจซีพีเดค ปี 2556. กรมประมง, กรุงเทพฯ, หน้า 84–99.
- พรศิลป์ ผลพันธิน. 2536. การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช. ใน: การสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องน้ำเปลี่ยนสี. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก, กรมประมง, กรุงเทพฯ, หน้า 12–27.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แพลงก์ตอนพืช, พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมภพ รุ่งสุภา. 2540. รูปแบบการแพร่กระจายและความหนาแน่นของ *Noctiluca scintillans* ในอ่าวไทยตอนบน. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 187–196.
- สมภพ รุ่งสุภา, จิรายุทธ บุญญประสิทธิ์. 2536. ชนิด, ปริมาณของแพลงก์ตอนและปัจจัยสิ่งแวดล้อมในขณะเกิดปรากฏการณ์ซีปลาวาฟ ณ อำเภอศรีราชา พ.ศ. 2534. ใน: การประชุมสัมมนาทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำครั้งที่ 4. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อลงกต อินทราชาติ, ลิขิต ชูชิต, กนกวรรณ ขาวด่อน, ธนัสพงษ์ โภควนิช. 2564. การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 59. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 661–669.

Tomas, C.R. 1993. Marine Phytoplankton. Academic Press. USA.

Yamaji, I. 1984. Illustrations of the Marine Plankton of Japan, 3rd ed. Hoikusha Publishing, Tokyo, Japan.

การศึกษาการเลี้ยงปลิงทะเลขาว (*Holothuria scabra*) ในแหล่งเลี้ยงตามแนววิถีชุมชนในพื้นที่บ้านเกาะปู ตำบลเกาะศรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่

Sea cucumber (*Holothuria scabra*) aquaculture and Sea-Ranching by community identity in Ban Koh Pu, Koh Sriboya subdistrict, Nuea Khlong district, Krabi province

ปิยะวัฒน์ พรหมรักษา^{a,*}, กนกวรรณ ขาวดอน^b, สารोजน์ เร่มดำริ^b, กิตติพิศ คุ่มรักษา^a, นัทธพงศ์ ชุมเชื้อ^a
Piyawatt Promraks^{a,*}, Kanokwan Khaodon^b, Saroj Rermdumri^b, Kittipot kumruksa^a, Nuttapon Chumchue^a

^aสถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bสถานีวิจัยประมงศรีราชา คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aAndaman Coastal Research Station for Development, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bSriracha Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: kbcwpw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการเลี้ยงปลิงทะเลขาวแบบกึ่งคอก บริเวณชุมชนบ้านเกาะปู อำเภอศรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ โดยทำการเลี้ยงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2565 เลี้ยงที่ความหนาแน่น 300 ตัวต่อคอก (ขนาดคอก 20×20 เมตร) เฉลี่ย 0.75 ตัวต่อตารางเมตร ขนาดปลิงทะเลขาวในการเลี้ยงเริ่มต้นมีน้ำหนักเฉลี่ย 280.92±11.45 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 692.97±68.57 กรัม อัตราการรอดเฉลี่ยร้อยละ 50.78±9.14 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยมีค่า 0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัวมีค่า 133.51 กรัม อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีค่า 61.12 กรัม เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของปลิงทะเลขาวจากค่าเฉลี่ยของน้ำหนักในแต่ละเดือนจะพบว่าในช่วงแรกที่ทำการศึกษาการเลี้ยงปลิงทะเลขาวมีการเจริญเติบโตค่อนข้างรวดเร็ว (ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม) และมีน้ำหนักเฉลี่ยที่ค่อนข้างคงที่ถึงลดลงเล็กน้อยในเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน จากนั้นค่อนข้างคงที่ถึงลดลงเล็กน้อยอีกครั้งในเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ในช่วงที่มีการเจริญเติบโตที่อาจมีผลมาจากการฤดูกาลในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปลิงทะเลขาว

คำสำคัญ: เกาะศรีบอยา, ปลิงทะเลขาว, อัตราการเจริญเติบโต

Abstract

The experimental sea ranching of the sea cucumber (*Holothuria scabra*) was conducted in Ban Koh Pu, Koh Sriboya subdistrict, Nuea Khlong district, Krabi province during January–December 2022. A total of 300 juveniles of *H. scabra* were released in 400 m² area of the pen (20×20 m.) at 5 m depth (an average density of 0.75 per m²). The initial body weight of *H. scabra* juvenile was 280.92±11.45 g. At the end of the experiment, the final body weight was 692.97±68.57 g. The average daily gain was 61.12 g. d⁻¹ and the final body weight gain was 133.51 g and the survival rate was 50.78±9.14%. During January to March, the growth of *H. scabra* was rapidly increased. However, their reduction of the growth rate of *H. scabra* was observed during April to July and during October to December. These phenomena might be come from the effect during their spawning season.

Keywords: Growth rate, Koh Sriboya, Sea cucumber

คำนำ

ในปัจจุบันเนื่องจากมีความต้องการบริโภคปลิงขาวมากขึ้นอีกทั้งมีมูลค่าสูงขึ้น ทำให้ประชากรปลิงขาวทั่วโลกถูกทำประมงจนเกินกำลังการทดแทนตามธรรมชาติและอยู่ในสภาวะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์อย่างยิ่ง เนื่องจากประชากรปลิงขาวมีแนวโน้มลดจำนวนลง รวมถึงได้สูญพันธุ์ไปแล้วจากบางพื้นที่ (Skewes et al., 1998; Strehlow, 2004; Ivy et al., 2006; Hamel et al., 2013) สำหรับประเทศไทยเนื่องจากยังไม่มีกรเพาะเลี้ยงปลิงขาวเชิงพาณิชย์ทำให้ผลผลิตปลิงขาวทั้งหมดมาจากการจับจากธรรมชาติทั้งสิ้น (วิจิตร, 2556) หนึ่งในแหล่งทำประมงที่สำคัญของปลิงขาวที่ใหญ่เป็นอันดับต้นๆ ของประเทศไทยคือแนวภู้ำทะเลบริเวณเกาะลิตง จังหวัดตรัง ซึ่งในพื้นที่ดังกล่าวปลิงขาวเป็นหนึ่งในสัตว์น้ำเศรษฐกิจสำคัญร่วมกับสัตว์น้ำอื่นๆ ได้แก่ หอยชักตีน เป็นต้น (อัญญารัตน์, 2552) แต่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องบริเวณชุมชนบ้านเกาะปู อำเภอศรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ เป็นแหล่งที่มีภู้ำทะเลและการแพร่กระจายของปลิงทะเลขาวที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ ดังนั้นการศึกษาข้อมูลการเจริญเติบโตของปลิงทะเลขาวโดยการนำมาเลี้ยงแบบก้นคอกและศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เหมาะสมเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการประเมินและจัดการทรัพยากรปลิงขาวอย่างยั่งยืน เป็นแนวทางในการประกอบอาชีพ ตลอดจนเป็นแหล่งสำหรับปล่อยลูกพันธุ์ปลิงทะเลขาวที่ได้จากการเพาะขยายพันธุ์ต่อไป เกิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและสร้างรายได้ในระดับชุมชน เกิดเป็นวิสาหกิจชุมชนที่เข้มแข็งต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาการเลี้ยงปลิงทะเลขาวบริเวณชุมชนบ้านเกาะปู อำเภอศรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ ใช้รูปแบบการกั้นคอกสี่เหลี่ยมขนาด 20×20 เมตร แล้วแบ่งออกเป็น 3 คอก ดำเนินการสำรวจพื้นที่บริเวณเกาะปู เพื่อหาบริเวณทำคอกปลิงทะเลขาวที่เหมาะสม นำท่อ PVC ขนาด 4 เมตร บักลงไปในดินลึก 1.5 เมตร พร้อมปักเข็มหมุดสมอ ทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ เมื่อครบ 1 สัปดาห์ นำอวนรองพื้นไว้ บักหลักหมุด เพื่อเป็นการยึดกับเสา จากนั้นทำการกางอวนเป็นตาข่ายกั้นตามยาว เพื่อทำคอกกั้นล้อมรอบคอกปลิงทะเลขาว ทำการกั้นคอก มัดเชือกให้แน่น โดยเย็บอวนเข้ากับเสาให้แน่น และตรวจสอบเช็คสภาพโครงสร้างคอกปลิงทะเลขาวให้เรียบร้อย (Fig. 1)

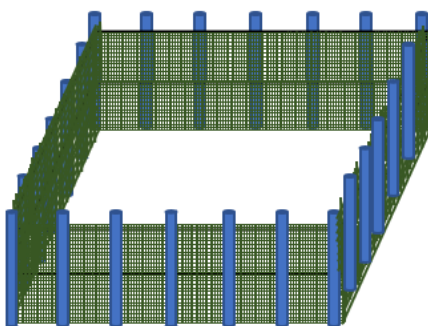


Fig. 1 White sea cucumber aquaculture and sea-ranching in Ban Koh Pu

รวบรวมลูกพันธุ์ปลิงทะเลขาวบริเวณแหล่งภู้ำทะเล นำมาเลี้ยงในคอกปลิงทะเลขาวที่เตรียมไว้ คอกละ 300 ตัว โดยทำการวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และจดบันทึก ทำการเลี้ยงปลิงทะเลขาวเป็นเวลา 1 ปี โดยทำการสุ่มวัดขนาดและชั่ง

น้ำหนักทุกเดือน ทำการจดบันทึก เพื่อนำมาศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลิงทะเลขาว และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและน้ำหนักของปลิงทะเลขาว

ก. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate; SGR) (%/วัน)

$$= \frac{100 \times (\ln \text{ นน.ปลิงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ นน.ปลิงเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

ข. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/ตัว (weight gain, WG)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนปลิงทั้งหมด}}$$

ค. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily gain, ADG)

$$= \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

ทำการเก็บเกี่ยวปลิงทะเลขาวในเดือนที่ 12 ของการเลี้ยง ทำการนับจำนวนปลิงที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละคอก เพื่อนำมาคิดอัตราการรอด

ง. อัตราการรอดตาย (%)

$$= \frac{\text{จำนวนปลิงทะเลขาวที่เหลือ} \times 100}{\text{จำนวนปลิงทะเลขาวเริ่มต้น}}$$

ทำการการตรวจวัดพารามิเตอร์พื้นฐานในการเก็บตัวอย่างของน้ำทะเลในภาคสนามทุกเดือน ๆ ละ 1 ครั้ง ได้แก่ ความลึก ความโปร่งแสง อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำทะเล และทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล นำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำทะเล ได้แก่ แอมโมเนียม ไนโตรเจน ไนเตรต และฟอสเฟต

การเก็บตัวอย่างดินตะกอนด้วยเครื่องเก็บดินตะกอน (grab sampler) จำนวน 1 ซ้ำต่อสถานี (รวมทั้งหมด 3 สถานี) ทุกเดือน ๆ ละ 1 ครั้ง ตัวอย่างดินตะกอนจะถูกเก็บในถุงพลาสติกซิปล็อค และแช่เย็นที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป ได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์ (organic matter; OM)

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ผลการศึกษาการเลี้ยงปลิงทะเลขาวแบบก้นคอก บริเวณชุมชนบ้านเกาะปู อำเภอศรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ โดยทำการเลี้ยงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2565 ทำการเลี้ยงปลิงจากการรวบรวมลูกพันธุ์ในบริเวณใกล้เคียงแหล่งหญ้าทะเลโดยทำการเลี้ยงความหนาแน่น 300 ตัวต่อคอก เฉลี่ย 0.75 ตัวต่อตารางเมตร ทำการวัด

ขนาดและชั่งน้ำหนักทุกเดือน (Table 1) ขนาดปลิงทะเลขาวในการเลี้ยงเริ่มต้นมีน้ำหนักเฉลี่ย 280.92 ± 11.45 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 692.97 ± 68.57 กรัม

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลิงทะเลขาวระหว่างการเลี้ยงทั้ง 3 คอก สรุปความสัมพันธ์ระหว่างความยาว-น้ำหนักของปลิงทะเลขาว ได้ตั้งสมการ $W = 5.1262L^{1.4992}$ (Fig. 2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศุภพงษ์ และคณะ (2564) ที่ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างปลิงขาวจากบริเวณเกาะ ลิง จังหวัดตรัง พบว่าปลิงขาวมีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักเป็น $W = 0.0157TL^{1.7793}$ มีรูปแบบการเติบโตแบบอัลโลเมตริก โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตอยู่ระหว่าง 1.6863–1.7202 พารามิเตอร์การเติบโตจากข้อมูลความถี่ความยาว ได้แก่ L^∞ , K และ t_0 เป็น 314.86 ซม. 1.18 ต่อปี และ 2.592 ชั่วโมง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ และสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงเป็น 7.457, 0.895 และ 6.562 ต่อปี ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของปลิงทะเลขาวจากค่าเฉลี่ยของน้ำหนักในแต่ละเดือนจะพบว่าในช่วงแรกที่ทำให้การเลี้ยงปลิงทะเลขาวมีการเจริญเติบโตค่อนข้างรวดเร็ว (ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม) และมีน้ำหนักเฉลี่ยที่ค่อนข้างคงที่ถึงลดลงเล็กน้อยในเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน จากนั้นค่อนข้างคงที่ถึงลดลงเล็กน้อยอีกครั้งในเดือนตุลาคมถึงธันวาคม (Table 2, Fig. 3) ในช่วงที่มีการเจริญเติบโตคงที่อาจมีผลมาจากฤดูกาลในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปลิงทะเลขาว ดังรายงานของวิจิตรา และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาฤดูวางไข่ การพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ และองค์ประกอบทางเคมี ของอวัยวะสืบพันธุ์ปลิงทะเลขาว *Holothuria scabra* โดยนำอวัยวะสืบพันธุ์มาศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยา ดัชนีความสมบูรณ์เพศ องค์ประกอบทางเคมี และรอบของการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ พบว่า ปลิงทะเลขาวมีฤดูวางไข่ปีละครั้ง ในเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ซึ่งมีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (G.S.I.) เฉลี่ยมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน นอกจากนี้อาจมีผลจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพแวดล้อมในแต่ละฤดูกาล เช่น ความเค็มของน้ำทะเล ซึ่งถ้าหากน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจะส่งผลให้ปลิงทะเลขาวเกิดความเครียดลำตัวเปื่อยยุ่ยไม่กินอาหารทำให้น้ำหนักและความยาวปลิงทะเลขาวลดลง รวมถึงความแรงของกระแส น้ำคลื่นลมในช่วงมรสุมที่มีผลต่อความขุ่นของน้ำทำให้แสงแดดส่องลงไม่ถึงพื้นท้องทะเลส่งผลต่อปริมาณไดอะตอมหน้าดินซึ่งเป็นอาหารของปลิงทะเลขาวที่สำคัญ

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลิงทะเลขาว โดยทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลิงทะเลขาวจากน้ำหนักและจำนวนของปลิงทะเลขาวในการเลี้ยงในรอบ 1 ปี จากการเลี้ยงทั้ง 3 คอก สรุปได้ว่า อัตราการรอดเฉลี่ยร้อยละ 50.78 ± 9.14 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยมีค่า 0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัว มีค่า 133.51 กรัม อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีค่า 61.12 กรัม (Table 2) อัตราการรอดตายมีค่าน้อยอาจมีผลมาจากวิธีการรวบรวมปลิงทะเลขาวในคอกเลี้ยงเมื่อสิ้นสุดการทดลองรวบรวมมาได้ไม่หมดทุกตัวและปลิงทะเลขาวบางตัวอาจจะหลุดรอดออกไปได้เพราะสามารถรัดลำตัวให้เล็กและยาวเพื่อรอดผ่านตาข่ายที่กั้นไว้

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น โดยการศึกษาคุณภาพน้ำเบื้องต้น และปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน (organic matter; OM) ในรอบปี 2565 บริเวณที่ทำการเลี้ยงปลิงทะเลขาวบริเวณเกาะปู พบว่ามีความลึกของน้ำทะเลในช่วงที่ทำการ เก็บตัวอย่างมีค่าระหว่าง 0.80–3.50 เมตร ค่าความโปร่งแสง อยู่ระหว่าง 0.70–3.10 เมตร ความเค็มของน้ำมีค่าระหว่าง 28.53–34.00 psu อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 28.40–30.25 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าระหว่าง 5.30–7.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าระหว่าง 11.45–62.26 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน มีค่าระหว่าง 36.03–43.63 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน มีค่าระหว่าง 0.00–

4.79 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มีค่าระหว่าง 0.00–7.45 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน มีค่าระหว่าง 2.56–4.94 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ประเภท 3)

Table 1 Monthly mean weight and length of white sea cucumber

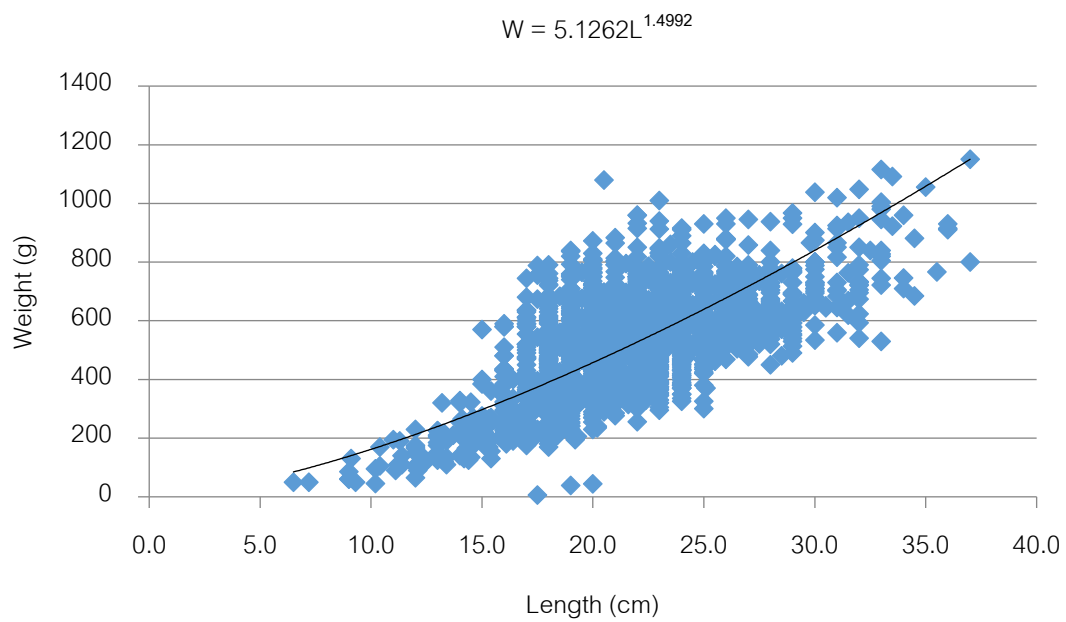
Month	Case 1		Case 2		Case 3	
	Weight (g)	Length (cm.)	Weight (g)	Length (cm.)	Weight (g)	Length (cm.)
January 2022	266.69	15.4	270.30	16.8	295.17	18.2
February 2022	428.40	22.3	447.46	22.4	406.40	22.3
March 2022	583.70	21.6	585.90	21.6	578.50	22.0
April 2022	525.84	21.6	481.76	19.8	475.44	20.5
May 2022	531.08	20.8	439.56	19.8	461.27	20.1
June 2022	595.32	20.9	558.30	21.6	545.60	22.7
July 2022	556.14	21.7	556.70	20.3	559.20	20.6
August 2022	691.00	21.9	662.46	20.2	668.54	20.1
September 2022	694.50	22.7	658.62	23.0	612.24	22.1
October 2022	606.60	21.9	596.00	25.8	596.80	22.1
November 2022	647.40	21.6	567.80	21.4	554.80	21.2
December 2022	693.58	27.2	700.35	26.6	684.30	24.0

Table 2 Growth rate and survival rate of white sea cucumber

Parameter	Sea cucumber aquaculture			
	Case 1	Case 2	Case 3	Average
Specific Growth Rate; SGR (%/day)	0.13	0.04	0.02	0.06 ± 0.06
Weight gain, WG	258.75	104.10	37.38	133.51 ± 113.44
Average daily gain, ADG	130.44	38.79	14.14	61.12 ± 61.28
Survival rate	61.33	45.33	45.67	50.78 ± 9.14

Table 3 Water and sediment quality at white sea cucumber aquaculture and sea-ranching in Ban Koh Pu

Parameter	Unit	Data range
Depth	Meter	0.80–3.50
Transparency	Meter	0.70–3.10
Salinity	psu	28.53–34.00
Temperature	°C	28.40–30.25
Dissolved Oxygen	mg/l	5.30–7.12
NH ₃ -N	µg/l	11.45–62.26
NO ₂ ⁻ -N	µg/l	0.00–4.79
NO ₃ ⁻ -N	µg/l	36.03–43.63
PO ₄ -P ⁻	µg/l	0.00–7.45
Organic matter; OM	%	2.56–4.94

**Fig. 2** The length – weight relationship of white sea cucumber

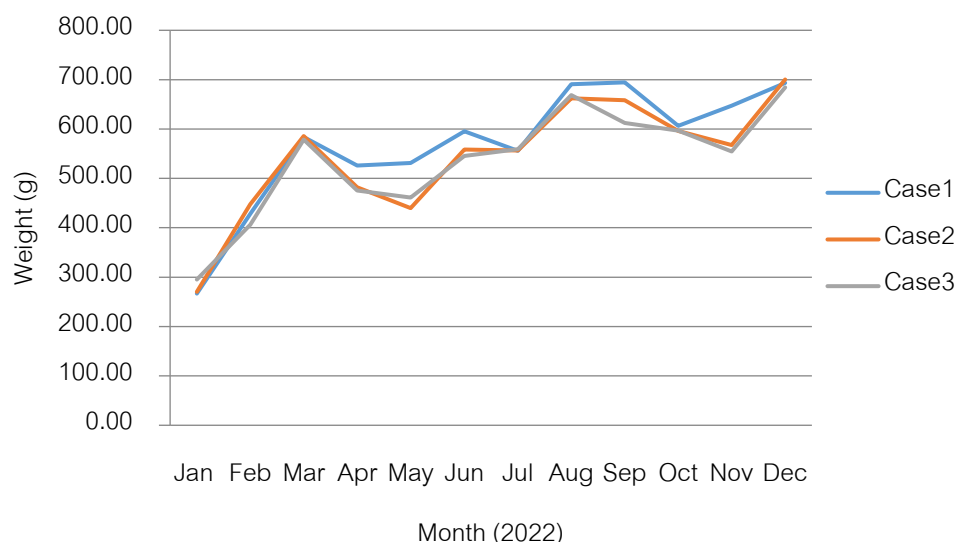


Fig. 3 Monthly mean weight of white sea cucumber between January–December 2022

สรุป

ทำการเลี้ยงปลิงทะเลขาวแบบก้นคอก บริเวณชุมชนบ้านเกาะปู้ อำเภอสรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ โดยทำการเลี้ยงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2565 ทดลองเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 300 ตัวต่อคอก (ขนาดคอก 20×20 เมตร) เฉลี่ย 0.75 ตัวต่อตารางเมตร ขนาดปลิงทะเลขาวในการเลี้ยงเริ่มต้นมีน้ำหนักเฉลี่ย 280.92 ± 11.45 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 692.97 ± 68.57 กรัม อัตราการรอดเฉลี่ยร้อยละ 50.78 ± 9.14 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย มีค่า 0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อตัวมีค่า 133.51 กรัม อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีค่า 61.12 กรัม เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของปลิงทะเลขาวจากค่าเฉลี่ยของน้ำหนักในแต่ละเดือนจะพบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลิงทะเลขาวอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคม โดยการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการส่งเสริมการเลี้ยงเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้สนใจในอนาคตต่อไปและนำไปสู่การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เพื่อนำไปใช้ในการเพาะขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มพูนระบบนิเวศน์และเพื่อการเพาะเลี้ยงปลิงทะเลขาวเชิงพาณิชย์ให้ชุมชนมีความเข้มแข็งต่อยอดเป็นวิสาหกิจชุมชนที่ยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

วิจิตรา ตุงซี่, ภัททิรา พงษ์ทิพย์พาทิ, ดวงแข กาญจนไธภา, นพแก้ว เจริญทิพากร, วุฒิพร พรหมขุนทอง,

บุญเสริม วิทยชำนาญกุล. 2556. การศึกษาฤดูวางไข่ การพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์และองค์ประกอบทางเคมีของอวัยวะสืบพันธุ์ปลิงทะเลขาว *Holotheurina scabra*. ใน: การประชุมมหาดไทยวิชาการ ครั้งที่ 4. สงขลา.

ศุภพงษ์ ภัทรพงศ์พันธ์, สุเมตต์ ปัจฉาการ, ธนิษฐา ทรรพนันทน์. 2559. ชีวิตวิทยาประชากรของปลิงทะเลขาว (*Holotheurina scabra* Jeager, 1833) บริเวณเกาะลิบง จังหวัดตรัง. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 797–805.

อัญรัตน์ เสียมใหม่. 2552. มูลค่าจากการใช้ประโยชน์แหล่งหญ้าทะเลด้านการประมงของชุมชนบนเกาะลิบงจังหวัดตรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

- Hamel, J.F., Mercier, A., Conand, C., Purcell, S., Toral-Granda, T.G., Gamboa, R. 2013. *Holothuria scabra*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T180257A1606648.
dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T180257A1606648.en
- Ivy, G., Giraspy, D.A.B. 2006. Development of large – Scale hatchery production technique for the commercially important sea cucumber *Holothuriascabra* var. *versicolor* (Conand, 1986) in Queensland, Australia. SPC Beche-de-mer Information Bullentin 24: 28–34.
- Skewes, T., Burrige, C., Hill, B. 1998. Survey of *Holothuria scabra* (sandfish) on warrior reef. Torres strait: Final Report to Queensland Fisheries Management Authority. CSIRO Division of Marine Research, Cleveland, IO, USA.
- Strehlow, H.V. 2004. Economics and management strategies for restocking sandfish in Vietnam. NAGA, WorldFish Center Quarterly 27: 36–40.

สาขาส่งเสริมการเกษตร

และคหกรรมเกษตร

**(Subject: Agricultural Extension
and Home Economic)**

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

ความกังวลด้านสุขภาพของการบริโภคนมข้นหวาน

Health concerns regarding sweetened condensed milk consumption

ปิยะพร พุยปุย เสาวรัตถาดา^a, ศิริพร เรียบร้อย คิม^{a,*}, ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร^a, อติกร ปัญญา^b

Piyaporn Puipui Saowaratthada^a, Siriporn Riebroy Kim^{a,*}, Taweesak Techakriangkrai^a, Atikom Panya^b

^aภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนานิติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

^aDepartment of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bNational Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency, Pathumthani 12120, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrsrpr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าดัชนีมวลกาย (BMI) และความกังวลด้านสุขภาพของผู้บริโภคนมข้นหวาน (SCM) พร้อมทั้งพฤติกรรมการบริโภค กลุ่มตัวอย่าง (400 คน) ประกอบด้วย เพศหญิง (67.25%) และเพศชาย (31.50%) สำหรับค่า BMI ระดับปกติ (18.5–22.9 kg/m³) เท่ากับ 36% และมีค่า BMI สูงกว่า 23 kg/m³ เท่ากับ 52.50% ซึ่งเป็นกลุ่มน้ำหนักเกินและโรคอ้วน ส่วนความชอบและพฤติกรรมการบริโภค SCM นั้น พบว่า SCM ที่บรรจุในหลอดพลาสติกได้รับความชอบมากกว่าแบบบรรจุกระป๋อง และนมปังเป็นอาหารที่มักบริโภคพร้อมกับ SCM ตามด้วยเครื่องดื่มและอาหารอื่น ปริมาณ SCM ที่เติมนั้นไม่สามารถระบุแน่ชัดได้ และเมื่อพิจารณาจากโภชนาการของ SCM ทางการค้า 3 ยี่ห้อ พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดมาจากน้ำตาลและมีโซเดียม 10 ถึง 20 มิลลิกรัม (~1% ของ RDI) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า BMI และความกังวลด้านสุขภาพจากการได้รับพลังงานและสารอาหารจาก SCM นั้น พบว่า ค่า BMI มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความกังวลด้านสุขภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และคอเลสเตอรอล จากผลการวิจัย ผู้บริโภคกังวลด้านสุขภาพเมื่อบริโภค SCM รวมทั้งไม่ทราบปริมาณการเติม SCM ในอาหารและเครื่องดื่ม

คำสำคัญ: ความกังวลด้านสุขภาพ, นมข้นหวาน, ดัชนีมวลกาย, พฤติกรรมการบริโภค

Abstract

This study was aimed to investigate the body mass index (BMI) associated with health concerns of consumer for sweetened condensed milk (SCM) as well as consumption behavior. Sample (n = 400) were female (67.25%) and male (31.50%). As BMI value, the sample was found to be normal BMI (18.5–22.9 kg/m³) was 36% and BMI value higher than 23 kg/m³ was 47.50% which was classified as overweight and obesity. The preferences and behavior of consumer for SCM were also collected. Comparing to SCM in a can, SCM in a plastic laminate tube was favored. The most common food consumed with SCM was bread, followed by drinks and other foods. SCM amount for food and beverage were not mentioned. Considering nutrition fact of 3 brands of commercial SCM, it was found that total carbohydrate was sugar and sodium content was 10 to 20 mg (~1% of RDI). The relationship between BMI and health concerns level for energy and nutrient intake from SCM was evaluated. The BMI associated positively with health concerns, particularly energy, sugar, fat, and cholesterol contents. From the results, consumers concerned their health when consuming SCM and they did not know amount SCM to food and drinks.

Keywords: Body mass index (BMI), Consumption behavior, Health concerns, Sweetened condensed milk (SCM)

คำนำ

นมข้นหวาน (sweetened condensed milk) เป็นผลิตภัณฑ์นมที่เติมน้ำตาลปริมาณมากเพื่อลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity) ลงเหลือประมาณ 0.78–0.82 ทำให้มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ด้วยแรงดันออสโมติกและปริมาณน้ำอิสระที่ลดลง นมข้นหวานจึงสามารถเก็บรักษาได้นานในภาชนะปิด (Marginä, 2003) โดยทั่วไป นมข้นหวาน ประกอบด้วย ของแข็งทั้งหมด 28% ไขมันนม 8.5% น้ำ 26.5% โปรตีน 8.1% น้ำตาล 55.7% (น้ำตาลแลคโตส 11.4% และน้ำตาลซูโครส 44.3%) และเถ้า 1.6% (นิธิยา, 2557) นมข้นหวานจึงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูง (ปริมาณพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต คิดเป็น 50% ของปริมาณพลังงานทั้งหมด) (Hess, 1993) ทำให้ไม่เหมาะสมต่อเด็กทั้งวัยทารกและการนำมาเสริมคุณค่าอาหารทดแทนน้ำนม (formula milk substitutes) (UNICEF, 2005) นอกจากนี้ ปริมาณไขมันในนมข้นหวานอาจทำให้ผู้บริโภคกังวลต่อการได้รับกรดไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอล ปัจจุบันนมข้นหวานทางการค้าชนิดคั้นรูปผลิตจากนมผงขาดมันเนยและได้เติมไขมันพืชทดแทนหรือเติมร่วมกับไขมันนม ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อมูลฉลากอาหารของนมข้นหวานทางการค้า น้ำมันพืชที่มักนำมาทดแทนหรือเติมร่วมกับไขมันนม ได้แก่ น้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นน้ำมันที่อุดมไปด้วยกรดไขมัน ได้แก่ กรดปาล์มมิติก (C16:0) และ กรดโอเลอิก (C18:1) (Lin, 2011) การบริโภคนมข้นหวาน มักนำมารับประทานกับขนมหวาน ขนมปัง หรือเป็นส่วนประกอบสำหรับเติมลงในเครื่องดื่ม เช่น กาแฟชา น้ำหวาน เพื่อเพิ่มรสชาติและลดความเข้มข้นของเครื่องดื่ม (Juffrie et al., 2020) นอกจากนี้ นมข้นหวานยังเป็นส่วนประกอบสำหรับการผลิตขนมหวานระดับอุตสาหกรรม เช่น ช็อกโกแลต ลูกกวาด ขนมอบ เป็นต้น เมื่อทำการสำรวจนมข้นหวานทางการค้า พบว่า นมข้นหวานที่วางจำหน่ายมีรูปแบบค่อนข้างหลากหลาย เช่น นมข้นหวานที่ผลิตจากนมสด (sweetened condensed whole milk) นมข้นหวานขาดมันเนยหวาน (sweetened condensed skim milk) นมข้นคั้นรูปหวาน (recombined sweetened condensed milk) นมข้นแปลงไขมันหวาน (sweetened condensed filled milk) นมข้นหวานปราศจากไขมัน (non-fat sweetened condensed milk) เป็นต้น โดยทั่วไปการบริโภคนมข้นหวานของผู้บริโภคในประเทศไทยนั้น คิดเป็น 64.2% ของมูลค่าการตลาดนมข้นหวาน ครีมแท้ และครีมเทียม และนิยมเติมนมข้นหวานในเครื่องดื่มและรับประทานคู่กับปาท่องโก๋และขนมปัง (สถาบันอาหาร, 2565) เมื่อพิจารณาในแง่ของคุณค่าทางโภชนาการ นมข้นหวานที่มีส่วนประกอบแตกต่างกันมีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่นิยมรับประทานนมข้นหวานที่ต้องการรสชาติอร่อยแต่ลดความเสี่ยงต่อสุขภาพ การบริโภคนมข้นหวานทำให้ร่างกายได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันค่อนข้างสูง (USDA, 2019) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้ เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นต้น การเกิดโรคเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้บริโภค (Taylor et al., 2013) การบริโภคนมข้นหวานจึงอาจส่งผลกระทบต่อความกังวลด้านสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้น การศึกษารั้วนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะพฤติกรรมกรรมการบริโภคนมข้นหวานของผู้บริโภค และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกายและความกังวลด้านสุขภาพเมื่อบริโภคนมข้นหวานของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

คำนวณกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนประชากรมีขนาดใหญ่และไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนโดยใช้สูตรการหาขนาดตัวอย่างจากสูตรไม่ทราบขนาดตัวอย่างของ Cochran (1977) โดยกำหนดระดับค่าความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และระดับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5

$$n = \frac{Z^2}{4e^2} \quad (1)$$

เมื่อ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

e คือ ระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (0.05)

Z คือ ระดับความเชื่อมั่นหรือระดับนัยสำคัญ (0.05)
ค่า Z เท่ากับ 1.96

เมื่อแทนค่าสูตร $n = \frac{1.96^2}{4(0.05)^2}$
 $n = 384.16$

จากผลการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n) = 384.16 ตัวอย่าง เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของข้อมูล ผู้วิจัย จึงได้จัดเก็บแบบสอบถามทั้งหมด 400 ชุด โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

เครื่องมือที่ใช้วิจัย

แบบสอบถามออนไลน์โดยใช้ Google Form แบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 ส่วน ซึ่งมีข้อมูลคำถาม ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ข้อมูลสุขภาพ ส่วนที่ 3 ข้อมูลลักษณะการบริโภคและความกังวลด้านสุขภาพต่อการบริโภคนมชั้นหวาน ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้รับจดหมายอิเล็กทรอนิกส์หรือข้อความผ่านลิงค์เพื่อตอบรับยินดีให้ข้อมูล จากนั้นจะได้รับลิงค์สำหรับการทำแบบสอบถามออนไลน์ เมื่อทำการตอบแบบสอบถามจนสมบูรณ์และส่งกลับมายังคณะผู้วิจัยเพื่อรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์สถิติ ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บุคคลทั่วไปอายุ 18 ปีขึ้นไป สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้มีโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือคอมพิวเตอร์ที่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตและมีบัญชีผู้ใช้แอปพลิเคชันออนไลน์ เช่น Line Facebook Instagram เป็นต้น และทำการตรวจสอบการตอบคำถามครบถ้วน ความซ้ำซ้อนของชื่อและบัญชีอีเมล

การรวบรวมข้อมูลส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นมชั้นหวานทางการค้า

ทำการรวบรวมข้อมูลส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของนมชั้นหวานทางการค้าที่ได้รับความนิยมจากการเลือกซื้อ 3 อันดับสูงสุด (จากแบบสอบถามข้อ 3)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนข้อมูล (SD) ได้แก่ ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่างและสภาวะสุขภาพทางกาย พฤติกรรมการบริโภคนมชั้นหวานและความกังวลด้านสุขภาพ ปริมาณพลังงานและสารอาหารจากผลิตภัณฑ์นมชั้นหวานทางการค้า และความกังวลด้านสุขภาพในการบริโภคนมชั้นหวาน

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลระดับความกังวลสุขภาพแต่ละด้านด้วย One-way ANOVA และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย New Duncan's Multiple Range Test จากนั้นทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกายและความกังวลด้านสุขภาพด้วยสถิติไคสแควร์ ด้วยโปรแกรม SPSS Trial version จากเว็บไซต์ www.ibm.com

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่างและสภาวะสุขภาพทางกาย

ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่าง (Socio-demographic)

การศึกษาครั้งนี้มีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามออนไลน์จำนวน 400 คน ประกอบด้วย เพศชาย 126 คน (31.50%) และเพศหญิง 269 คน (67.25%) ซึ่งส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วง 18–29 ปี (65.75%) รองลงมา ได้แก่ อายุช่วง 30–41 ปี และ 42–53 ปี ระดับการศึกษาปริญญาตรีและสูงกว่า (94.75%) เป็นนิสิต/นักศึกษา 46.50% และมีอาชีพเป็นลูกจ้างข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ นักธุรกิจ แม่บ้าน/พ่อบ้าน และอื่น ๆ สำหรับรายได้ต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างนั้น มีทั้ง 0–5,000 บาท และ มากกว่า 30,000 บาท

Table 1. Socio-demographics of samples (n = 400)

Demographic category	Number	Percentage	Demographic category	Number	Percentage
Gender			Monthly income (Bahts)		
Male	126	31.50	0–5,000	91	22.75
Female	269	67.25	5,001–10,000	71	17.75
Unspecified	5	1.25	10,001–15,000	56	14.00
Age (years)			15,001–20,000	43	10.75
18-29	263	65.75	20,001–30,000	46	11.50
30-41	89	22.25	> 30,000	93	23.25
42-53	45	11.25	BMI		
Education level			Underweight	66	16.50
High school/Diploma	21	5.25	Normal	144	36.00
Bachelor's degree	278	69.50	Overweight	49	12.25
Higher bachelor's degree	101	25.25	Obesity type 1	99	24.76
Occupation			Obesity type 2	42	10.50
Student	186	46.50	Health status		
Employee	93	23.50	(underlying disease and/or non-communicable disease)		
Government officer	55	13.75	Self-status		
Businessman	48	12	Yes	44	11.00
Housewife	5	1.25	No	356	89.00
Others	13	3.25	Family member status		
			Yes	107	26.25
			No	293	73.25

ค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index, BMI)

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลด้านสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ น้ำหนัก และส่วนสูง จากนั้นนำมาคำนวณค่าดัชนีมวลกาย พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย เท่ากับ $23.36 \pm 4.99 \text{ kg/m}^3$ ดัชนีมวลกายสามารถแบ่งกลุ่มตาม WHO (2000) และพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีค่าดัชนีมวลกายระดับปกติ (18.5–22.9) เท่ากับ 36% (Fig.1) อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่มีค่าดัชนีมวลกายสูงกว่า 22.9 ประกอบด้วย ภาวะน้ำหนักเกิน โรคอ้วนระดับ 1 และระดับ 2 เท่ากับ 12.25% 24.75% และ 10.50% ตามลำดับ (Table 1) แม้ว่ากลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18–29 ปี มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติจำนวนมาก แต่เมื่อพิจารณาช่วงอายุที่มีค่าดัชนีมวลกายสูงกว่า 22.9 พบว่า ส่วนใหญ่กลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วงอายุ 18–29 ปี มีจำนวนมากกว่าช่วงอายุเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าดัชนีมวลกายที่บ่งบอกถึงโรคอ้วนระดับ 1 มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ น้ำหนักปกติ ภาวะน้ำหนักเกิน โรคอ้วนระดับ 2 และน้ำหนักน้อย ตามลำดับ ค่าดัชนีมวลกาย เป็นตัวชี้วัดสำหรับการประเมินสภาวะของร่างกายและใช้คัดกรองความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

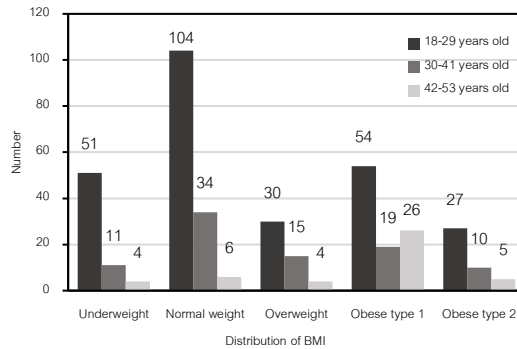


Fig. 1 Distribution of body mass index (BMI) of the samples

การมีโรคประจำตัว/โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (underlying disease/non-communicable disease)

การมีโรคประจำตัวหรือโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของกลุ่มตัวอย่างและสมาชิกในครอบครัว (Table 1) กลุ่มตัวอย่างไม่มีโรคประจำตัวหรือโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง คิดเป็น 89% ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นวัยผู้ใหญ่ตอนต้น มีค่าดัชนีมวลกายระดับปกติ ทำให้สุขภาพร่างกายยังคงแข็งแรง อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่าง 11% มีโรคประจำตัวหรือโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคไขมันในเลือดสูง โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นโรคเหล่านี้อาจอยู่ในกลุ่มที่มีค่าดัชนีมวลกายสูงระดับภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน (Fig. 1) เมื่อพิจารณาข้อมูลโรคประจำตัวหรือโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของสมาชิกในครอบครัวของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า สมาชิกในครอบครัวมีผู้ป่วยด้วยโรคประจำตัวหรือโรคไม่ติดต่อเรื้อรังจำนวนมากขึ้น (26.25%) ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง การตัดสินใจเลือกซื้ออาหารสำหรับการบริโภค ซึ่งสุขภาพของสมาชิกในครอบครัวอาจส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้ออาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

ลักษณะพฤติกรรมการบริโภคคนมีน้ำหนักเกินและความกังวลด้านสุขภาพ

ลักษณะพฤติกรรมการบริโภค

งานวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อศึกษาลักษณะการบริโภคคนมีน้ำหนักเกิน ได้แก่ รูปแบบบรรจุภัณฑ์มีน้ำหนักเกินที่มักเลือกซื้อ ชนิดอาหารและเครื่องดื่มที่นิยมรับประทานกับมีน้ำหนักเกินและปริมาณมีน้ำหนักเกินที่บริโภคแต่ละครั้งต่ออาหารหรือเครื่องดื่ม 1 ชนิด รวมทั้งยี่ห้อหรือน้ำหนักทางการค้าที่ซื้อเป็นประจำ

โดยทั่วไป บรรจุภัณฑ์มีน้ำหนักเกินอยู่ในรูปแบบกระป๋องโลหะหรือหลอดลามิเนต หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์เกี่ยวข้องกับ การถนอมอาหาร การขนส่ง และการบริโภค รวมทั้งความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ยังทำหน้าที่เป็นสื่อกลางด้านข้อมูลของสินค้าให้แก่ผู้บริโภค Hans (2021) กล่าวว่า บรรจุภัณฑ์สำหรับมีน้ำหนักเกินควรป้องกันการซึมผ่านได้ของน้ำ ออกซิเจน แสง และสิ่งแปลกปลอม ซึ่งมีทั้งกระป๋องโลหะ ถุงหรือหลอดลามิเนต จากข้อมูลการตอบแบบสอบถาม พบว่า กลุ่มตัวอย่างเลือกซื้อผลิตภัณฑ์หลอดลามิเนตและแบบกระป๋อง เท่ากับ 55% และ 32% ตามลำดับ และเลือกซื้อทั้งสองรูปแบบบรรจุภัณฑ์ เท่ากับ 13% (Fig. 2A) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบบรรจุภัณฑ์ กลุ่มตัวอย่างเลือกซื้อผลิตภัณฑ์หลอดลามิเนตมากกว่าแบบกระป๋องโลหะ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความสะดวกแก่การพกพาและการบริโภค การเปิดปิดบรรจุภัณฑ์และเก็บรักษาได้ง่ายกว่า

จากข้อมูลการสำรวจชนิดอาหารและเครื่องดื่มที่มีการเติมมีน้ำหนักเกิน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมักบริโภคมีน้ำหนักเกินกับขนมปังมากที่สุด (42.03%) รองลงมา คือ เครื่องดื่ม (32.18%) และอื่น ๆ (25.79%) (เช่น ปาท่องโก๋ และ ไรตี้)

(Fig. 2B) สำหรับปริมาณนมข้นหวานที่รับประทานคู่กับอาหารและเครื่องดื่มนั้นไม่สามารถระบุปริมาณแน่นอน (92%) (ไม่แสดงข้อมูล) จึงอาจทำให้ผู้บริโภคได้รับน้ำตาลมากเกินไปเกินความต้องการของร่างกาย พิมพ์นภาณัท และคณะ (2562) รายงานว่า เครื่องดื่มรสหวานส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าเกณฑ์แนะนำของสัญลักษณ์ทางเลือกสุขภาพเครื่องดื่มที่กำหนดไว้ นั่นคือ “ไม่ควรเกิน 6 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร” (กองอาหาร, 2559) จากข้อมูลการสำรวจ การบริโภคนมข้นหวานมักรับประทานกับขนมปัง ซึ่งขนมปังเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต หากบริโภคทั้งขนมปังและนมข้นหวานปริมาณมากเกินไปส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เมื่อสอบถามยี่ห้อของนมข้นหวานทางการค้าที่กลุ่มตัวอย่างเลือกซื้อ/บริโภคเป็นประจำ พบว่า ส่วนใหญ่เลือกซื้อยี่ห้อ B รองลงมา ได้แก่ ยี่ห้อ A และ C ตามลำดับ (Fig. 2C) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความสะดวกในการซื้อและเคยรับประทานมานาน

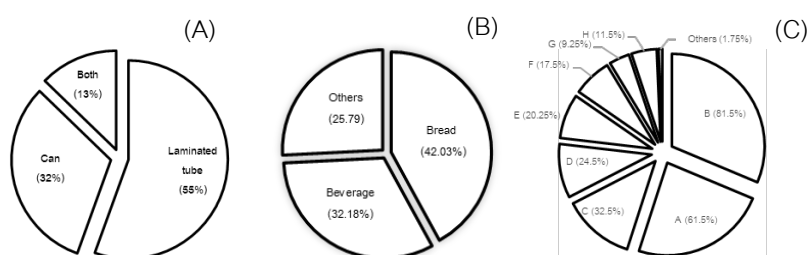


Fig. 2 Preferences of packages (A), kind of food (B) and commercial brands (C) for sweetened condensed milk.

ปริมาณพลังงานและสารอาหารจากผลิตภัณฑ์นมข้นหวานทางการค้า

ทำการคัดเลือกนมข้นหวานทางการค้าที่ถูกซื้อมากที่สุด 3 ยี่ห้อ (B, A และ C) จาก Fig. 1C เพื่อรวบรวมข้อมูลส่วนประกอบหลัก ปริมาณพลังงานและสารอาหารจากฉลากอาหาร แสดงดัง Table 2 นมข้นหวานทางการค้าที่ได้รับความนิยมบริโภคจัดเป็นนมข้นคือนมข้นหวานที่ผลิตจากนมผง/นมผงขาดมันเนย/เวย์ นำมาผสมกันให้ได้ลักษณะนมข้นหวาน (มาตรฐานอุตสาหกรรม 48, 2565) นมข้นหวานทางการค้ายี่ห้อ A และ B มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ 47% ส่วนยี่ห้อ C มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบเพียง 35% ทั้งนี้ ยี่ห้อ C ลดปริมาณน้ำตาลลงประมาณ 25% และไม่เติมน้ำมันปาล์มพร้อมกับมีข้อความแสดงบนฉลากว่า “25% less sugar added” และ “fat free” นอกจากนี้ ยี่ห้อ A มีวิตามินและแร่ธาตุจากส่วนประกอบที่เติม ได้แก่ วิตามินเอ (80 µg RE) วิตามินบี 1 (0.09 mg) วิตามินบี 2 (0.034 mg) วิตามินดี (0.5 mg) และ แคลเซียม (0.5 mg) เมื่อพิจารณาปริมาณพลังงานมีปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค เท่ากับ 20 กรัม (1 ช้อนโต๊ะ) ทั้งยี่ห้อ A และ C ให้พลังงาน 60 kcal ซึ่งน้อยกว่ายี่ห้อ B ที่ให้พลังงานถึง 70 kcal ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยี่ห้อ B มีการเติมนมผงขาดมันเนยและปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดมาจากปริมาณน้ำตาล

Table 2. Main ingredients and nutrient information of 3 brands of commercial sweetened condensed milk

Ingredients (%)	Brands		
	A	B	C
Sugar	47	47	35
Milk powder/ Whey	13.4	-	7.2
Skimmed milk powder	-	10	11.0
Palm oil	8	8	-
Maltodextrin	N/A	-	28.4
Vitamins	-	0.009	0.001

Nutrient per serving*			
Total energy (kcal)	60	70	60
Total fat (g)	1.5	1.5 (2%)	0
Saturated fat (g)	1	-	-
Trans fat (g)	0	-	-
Cholesterol (g)	0	-	-
Protein (g)	0	<1	<1
Total carbohydrate (g)	12	12	13
Dietary fiber (g)	0	0	-
Sugar (g)	11	12	9
Sodium (mg)	15	10	20

*One serving is 20 grams (1 tablespoon); Numbers in parenthesis shown as Thai recommended daily intake (Thai RDI). N/A indicate data not available.

ความกังวลด้านสุขภาพในการบริโภคนมข้นหวาน

โดยทั่วไป พลังงานและสารอาหารจากนมข้นหวานค่อนข้างสูงอันเนื่องมาจากมีส่วนประกอบของน้ำตาลและไขมันปริมาณมาก จากการสำรวจระดับความกังวลด้านสุขภาพเมื่อได้รับสารอาหารจากนมข้นหวาน พบว่า ระดับความกังวลปริมาณพลังงาน (2.61±1.22) น้ำตาล (3.32±1.25) ไขมัน (3.27±1.26) และคอเลสเตอรอล (3.26±1.28) ที่ได้รับจากนมข้นหวานอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนระดับความกังวลปริมาณโปรตีน (2.37±1.19) แร่ธาตุ (2.25±1.19) และวิตามิน (2.26±1.20) อยู่ในระดับเล็กน้อย (Table 3) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้ใหญ่ตอนต้น จึงทำให้มีความกังวลผลกระทบต่อการได้รับสารอาหารต่อสุขภาพเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างยังคงกังวลปริมาณพลังงานจากน้ำตาล ไขมัน และน้ำตาลจากนมข้นหวาน นอกจากนี้ฉลากโภชนาการของนมข้นหวานมีการแสดงถึงปริมาณพลังงานจากไขมัน แม้ว่าไขมันในนมข้นหวานมาจากน้ำมันปาล์ม จึงทำให้ไม่มีคอเลสเตอรอล (Table 2) ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างกังวลเกี่ยวกับปริมาณโปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินเพียงเล็กน้อย อาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างไม่ได้คาดหวังการได้รับสารอาหารดังกล่าวจากการบริโภคนมข้นหวานมากนัก จากข้อมูลความกังวลด้านสุขภาพเมื่อบริโภคนมข้นหวาน บ่งบอกถึง ผู้บริโภคยังมีความกังวลเกี่ยวกับสุขภาพเมื่อได้รับน้ำตาล ไขมัน และคอเลสเตอรอลเพียงระดับปานกลาง นอกจากนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 18–29 ปี และมีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในระดับปกติ จึงอาจมีความกังวลระดับปานกลางเกี่ยวกับความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน และการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อีกทั้งปัจจุบันมีอาหารสุขภาพทางเลือกหลายชนิด อย่างไรก็ตาม กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่มีค่าดัชนีมวลกายระดับน้ำหนักเกินและโรคอ้วน (Fig. 1) มีกลุ่มอายุระหว่าง 18–29 ปี มากกว่ากลุ่มอายุอื่น ๆ ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มนี้ยังมีความกังวลด้านสุขภาพเมื่อบริโภคนมข้นหวานเพียงเล็กน้อย ทำให้มีความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดโรคอ้วนและโรคอื่น ๆ ตามมา เช่น โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกายและระดับความกังวลด้านสุขภาพเมื่อบริโภคนมข้นหวานด้วยสถิติไคว์สแควร์ พบว่า เมื่อช่วงของค่า BMI สูงขึ้น การบริโภคนมข้นหวานทำให้เกิดความกังวลสุขภาพร่างกายจะได้รับน้ำตาล ไขมัน และคอเลสเตอรอลปริมาณมากเกินไป ($p < 0.05$) (Table 3) อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลฉลากโภชนาการ นมข้นหวานทางการค้านั้นไม่มีคอเลสเตอรอล แต่มีปริมาณไขมันเพียงเล็กน้อย (Table 2) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความเข้าใจการได้รับคอเลสเตอรอลจากนม และละเลยการอ่านฉลากโภชนาการด้วยความเข้าใจ ส่วนความกังวลด้านพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุและวิตามินไม่สัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3. Body mass index (BMI) and health concern level on consuming sweetened condensed milk

BMI (kg/m ³)	n (%)	Health concern level						
		Energy	Sugar	Fat	Cholesterol	Protein	Minerals	Vitamin
Total	400 (100)	2.61±1.22 ^{**b***}	3.32±1.25 ^a	3.27±1.26 ^a	3.26±1.28 ^a	2.37±1.19 ^b	2.25±1.19 ^b	2.26±1.20 ^b
sample								
≤18.5	66 (16.5)	2.48±1.30	3.12±1.55	2.98±3.40	3.12±1.50	2.31±1.29	2.18±1.25	2.24±1.25
18.5–22.9	144 (36)	2.63±1.21	3.43±1.17	3.40±1.20	3.33±1.17	2.40±1.20	2.36±1.22	2.40±1.17
23.0–24.9	49 (12.3)	2.46±1.20	3.12±1.14	3.24±1.09	3.36±1.26	2.32±1.02	2.20±1.07	2.10±1.12
25.0–29.9	99 (24.7)	2.77±1.22	3.51±1.14	3.40±1.16	3.37±1.28	2.51±2.04	2.34±1.21	2.33±1.27
≥30.0	42 (10.5)	2.47±1.19	3.09±1.26	2.97±1.27	2.88±1.31	2.04±1.10	1.85±1.07	1.83±1.08
p-value		0.860	0.001*	0.003*	0.020*	0.402	0.052	0.141

*p-value from chi-square **Mean ± SD from 400 determinations. **Different letters in the same row of total sample indicate significant differences ($p < 0.05$).

สรุป

กลุ่มตัวอย่างมีค่าดัชนีมวลกายระดับน้ำหนักเกินและโรคอ้วนจำนวนมาก (47.5%) และมักนิยมเลือกซื้อนมข้นหวานทางการค้าที่บรรจุหลอดพลาสติกมากกว่าแบบบรรจุกระป๋องโลหะ อาหารที่มักนิยมรับประทานกับนมข้นหวาน ได้แก่ ขนมปัง เครื่องดื่ม และอาหารอื่นๆ ได้แก่ ปาฟองโก้ และโรตีสี่ ซึ่งผู้บริโภคไม่สามารถระบุปริมาณนมข้นหวานที่รับประทานแต่ละครั้งได้ ทั้งนี้ผู้บริโภคมีความกังวลด้านสุขภาพเมื่อบริโภคนมข้นหวาน และมีความสัมพันธ์กับค่า BMI (Chi-square, $p < 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อร่างกายได้รับ น้ำตาล ไขมัน และคอเลสเตอรอล

เอกสารอ้างอิง

- กองอาหาร. 2559. สัญลักษณ์โภชนาการ (ทางเลือกสุขภาพ): กลุ่มเครื่องดื่ม. <http://healthierlogo.com/กลุ่มเครื่องดื่ม>, 21 พฤศจิกายน 2563.
- นิธิยา รัตนพานนท์. 2557. เคมีนมและผลิตภัณฑ์นม. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ
- สถาบันอาหาร. 2560. รายงานตลาดอาหารในประเทศไทย: ตลาดนมข้นหวาน ครีมแท้ และครีมเทียมในประเทศไทย. ศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. 26: 1–8.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2565. นมข้นหวาน. มอก. 48 เล่ม 139 ตอนพิเศษ 222 ง.
- Hess, H.J. 1993. Condensed Milk. Encyclopedia of Food Science and Nutrition 2nd edition. 1574–1581.
- Hess, H.J. 2003. Condensed Milk. Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition (1993). 1574–1581.
- Margină, D., Ungurianu, A. 2022. Dietary sugar intake: Public health perspective. <https://www.sciencedirect.com.portal.lib.ku.ac.th/science/article/pii/B9780128243152000713?via%3Dihub>, 21 September 2022.
- Hans, N. 2021. Concentrated Dairy Products: Sweetened Condensed Milk. Elsevier Ltd. Module in Food Sciences. 869–873. doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00351-2.
- Polpued, R., Khuenpet, K. 2020. Formulation of sweetened condensed rice-milk fortified with cereals in retortable pouch. IJAT. 16: 349–364.

- Sridonpai, P., Puwastien, P., Nakngamanong, Y., Sirichakwal, P. 2019. Sugar Content in Sugar-sweetened Beverage Sold in and Surrounding University: Case study at Mahidol University, Salaya Campus. *J. Public Health* 49: 32–44.
- Siew, W.L. 2011. Palm Oil. In: Frank D. Gunstone. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*, 2nd edition. Blackwell Publishing Ltd. West Sussex, UK, pp. 25–58.
- Taylor, H.V., Forhan, M., Vigod, N.S., McIntyre, S.R., Morrison, M.K. 2013. The impact of obesity on quality of life. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 27: 139–146.
- UNICEF. 2005. Celebrating the Innocent declaration on the protection, promotion and support of breastfeeding: Past achievements, present challenges and the way forward for infant and young child feeding. *UNICEF Innocenti Research Centre Piazza SS Annunziata.* 12: 50122.
- World Health Organization. 2000. *The Asia-Pacific perspective: Redefining obesity and its treatment.* Melbourne, Australia, pp. 1–55.

ปัญหาและความต้องการในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของเกษตรกรในเขตพื้นที่ จังหวัดสุพรรณบุรีที่เข้าร่วมโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง

Problems and production needs for clean cassava seedlings of Suphanburi farmers
participating in the efficiency-increasing project of cassava production

ศิริลักษณ์ ชูพุททพงษ์^a, วนาลัย วิริยะสุธี^b, ศิริพร ดอนเหนือ^c, อ่างเจต พัฒมุข^{b,*}

Sirilak Chooputtpong^a, Wanalai Viriyasuthee^b Siriporn Donna^c and Thamrongjet Puttamuk^{b,*}

^a นักศึกษาหลักสูตรเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการทรัพยากรเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

^b วิชาเอกการจัดการการผลิตพืช แขนงวิชาการจัดการการเกษตร และ ศูนย์การเรียนรู้วิชาการเกษตรในเมือง สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี 11120

^c ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

^a Master of Agriculture (Agricultural Resources Management), School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University

^b Major of Plant Production Management, and Urban Agriculture Learning Center, Department of Agricultural Management, School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

^c Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author. E-mail address: Thamrongjet.put@stou.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สํารวจข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม 2) ความรู้เกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลังและการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด 3) ปัญหาและความต้องการในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด เครื่องมือในการศึกษา คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เก็บข้อมูลจากประชากร จำนวน 60 ราย ที่เข้าร่วมโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ปี 2566 จังหวัดสุพรรณบุรี ของกรมส่งเสริมการเกษตร วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลังน้อยกว่า 5 ปี ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72 เกษตรกร ร้อยละ 76.50 เก็บท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไว้ใช้เอง และร้อยละ 91.70 เคยประสบปัญหาการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ เกษตรกรภาพรวมมีความรู้อยู่ในเกณฑ์ ระดับน้อย ปัญหาที่สำคัญ คือ ด้านการตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของชุมชน ($\mu = 3.88 \pm 0.76$) และปัญหาด้านการป้องกันและกำจัดโรคใบด่างมันสำปะหลัง ($\mu = 3.77 \pm 0.88$) และความต้องการของเกษตรกรในด้านการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด คือ เกษตรกรต้องการสื่อบุคคลเป็นหลัก ($\mu = 3.97 \pm 0.82$) ความต้องการรูปแบบกิจกรรมในการส่งเสริม ได้แก่ 1) การสาธิต ($\mu = 3.68 \pm 0.83$) และ 2) ประชุมและอบรมเชิงปฏิบัติการ ($\mu = 3.67 \pm 0.88$) โดยเน้นเรื่องการควบคุมคุณภาพท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด

คำสำคัญ: การส่งเสริม, ท่อนพันธุ์สะอาด, โรคใบด่างมันสำปะหลัง

Abstract

This research aims to 1) explore basic socio-economic data, 2) knowledge about cassava mosaic disease, the production of clean seedlings, and 3) problems and requirements in the production of clean cassava varieties. The study tool was a structured interview. The data were collected from 60 farmers participating in the 2023 Cassava Production Efficiency Project of the Department of Agricultural Extension in Suphanburi Province and were analyzed by descriptive statistics. The study found that most of the farmers were female, had completed elementary school education, and had less than five years of experience in cassava cultivation. Farmers grew Kasetsart 50 and Kasetsart 72 cultivars. 76.50% of farmers collected cassava seedlings for their use, and 91.70% had experienced an outbreak of cassava mosaic disease in their area. In general, the farmers' knowledge was at a low level. The important problem was that the community realized the importance of clean cassava seed production ($\mu = 3.88 \pm 0.76$) and the problems of prevention and eradication of cassava mosaic disease ($\mu = 3.77 \pm 0.88$), and the needs of farmers in promoting the production of clean cassava seedlings is that agriculture mainly requires human media ($\mu = 3.97 \pm 0.82$). The needs for promotion activities were 1) demonstration ($\mu = 3.68 \pm 0.83$) and 2) meeting and workshop ($\mu = 3.67 \pm 0.88$), emphasizing on quality control of clean cassava stems.

Keywords: Agricultural extension, Cassava mosaic disease, Clean seedlings

คำนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.) จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae ซึ่งเป็นวัชพืชที่สำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลากหลาย เช่น อาหาร อาหารสัตว์ กระดาษ สิ่งทอ เครื่องสำอาง เคมีภัณฑ์ และพลังงาน เป็นต้น โดยในปี 2564 อุตสาหกรรมมันสำปะหลังมีทิศทางขยายตัว โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรคาดการณ์การผลิต ปี 2565–2567 จะขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 1.0–2.0 ต่อปี มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อความแห้งแล้ง สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และให้ผลผลิตเร็ว ส่งผลให้สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกมันสำปะหลัง 10,919,014 ไร่ โดยแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ร้อยละ 55.69) ภาคเหนือ (ร้อยละ 24.61) และภาคกลาง (ร้อยละ 19.70) เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่ความเหมาะสมของที่ดิน พบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ความเหมาะสมมากที่สุด (ร้อยละ 53.55) รองลงมา คือ ภาคกลาง (ร้อยละ 24.03) และภาคเหนือ (ร้อยละ 22.41) ตามลำดับ ภาคกลางมีแหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดลพบุรี และจังหวัดสุพรรณบุรี โดยเฉพาะจังหวัดสุพรรณบุรีมีเนื้อที่ปลูก 107,846 ไร่ มีปริมาณผลผลิต 328,753 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565)

ในช่วง 2–3 ปีที่ผ่านมาปัญหาสำคัญของการผลิตมันสำปะหลัง คือ การระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง หรือ cassava mosaic disease (CMD) ซึ่งปัจจุบันเชื้อไวรัสที่พบการระบาดในประเทศไทย คือ สายพันธุ์ *Sri Lankan cassava mosaic virus* (SLCMV) (Saokham et al., 2021) สามารถถ่ายทอดผ่านทางแมลงหวี่ขาวยาสูบ (Whitefly; *Bemisia tabaci* (Gennadius) Hemiptera: Aleyrodidae) ซึ่งเป็นการถ่ายทอดแบบ persistent และผ่านท่อนพันธุ์ที่เป็นโรค (Dubern, 1994; Tokunaga et al, 2018) ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลังร้อยละ 40–100 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอายุของ มันสำปะหลังที่ติดเชื้อไวรัสใบด่างมันสำปะหลัง (วันวิสา และคณะ, 2563) ปัญหาการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวของทุกฤดูกาลเพาะปลูกเกิดจากการขาดแคลนท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่สะอาดไปใช้

ปลูกทดแทนในพื้นที่ราบ (กิ่งกาญจน์ และคณะ, 2565) เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวมีแนวทางการปฏิบัติที่สำคัญ คือ การใช้ท่อนพันธุ์ มันสำปะหลังสะอาด

อย่างไรก็ตามท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด เป็นหนึ่งในปัจจัยการผลิตที่สำคัญต่อระบบการผลิตมันสำปะหลัง เนื่องจากเป็นต้นทางที่จะทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ การใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดและมีคุณภาพ ทำให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์ความออกสูง และมีการเจริญเติบโตแข่งขันกับวัชพืชได้ ลดต้นทุนการผลิต และที่สำคัญ คือ ช่วยลดการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง รวมถึงสามารถยกระดับการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2563)

กรมส่งเสริมการเกษตร จึงจัดทำโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์มันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ ที่มีเป้าหมายการพัฒนาให้ปี 2569 มีผลผลิตเฉลี่ย 7 ตัน/ไร่ เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านการตลาด ส่งผลสัมฤทธิ์ให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนในอาชีพของเกษตรกรผู้ผลิต มันสำปะหลัง โดยในปี 2566 จะมีเกษตรกรเข้าร่วมโครงการ 3,000 ราย ในพื้นที่ 44 จังหวัด รวมถึงจังหวัดสุพรรณบุรีจัดเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการปลูก โดยมีเกษตรกรเข้าร่วมโครงการ 60 ราย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2565)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม ความรู้เกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลังและการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด ปัญหาและความต้องการในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ปี 2566 เพื่อเป็นแนวทางการส่งเสริมและยกระดับคุณภาพการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยเรื่อง “ปัญหาและความต้องการในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของเกษตรกรในเขตพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีที่เข้าร่วมโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (survey research) โดยมีรายละเอียดวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

ประชากรในการวิจัย

เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี โดยสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงจากเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ปี 2566 จังหวัดสุพรรณบุรี ของกรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 60 ราย โดยศึกษาจากประชากรทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (structured interview) โดยแบบสัมภาษณ์ประกอบด้วยคำถามปลายปิด แบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้ 1) ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับ เพศ อายุ ระดับการศึกษา การเป็นสมาชิกกลุ่ม/สถาบันเกษตรกร จำนวนสมาชิกในครัวเรือน ประสบการณ์การปลูกมันสำปะหลัง จำนวนแรงงานในครัวเรือนที่ปลูกมันสำปะหลัง พื้นที่ปลูก ต้นทุนการผลิต รายได้ การได้รับข้อมูลข่าวสาร พันธุ์มันสำปะหลัง ตลอดจนปัญหาการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ 2) ตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลังและการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของเกษตรกร ในส่วนของความรู้เกี่ยวกับโรค ใบด่างมันสำปะหลัง ประเด็นคำถาม ประกอบด้วย สาเหตุของโรค ลักษณะ

อาการ การป้องกันและกำจัดโรค ซึ่งเป็นคำถามแบบให้เลือกตอบถูกผิด จำนวน 11 ข้อ ความรู้เกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์ มันสำปะหลังสะอาด ประเด็นคำถาม ดัดแปลงมาจากคู่มือการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดและมีคุณภาพ (กรมวิชาการเกษตร, 2563) ซึ่งเป็นคำถามแบบเลือกตอบ จำนวน 33 ข้อ 3) ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับ ความสำคัญของปัญหาในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด โดยแบ่งเป็น 5 ประเด็น คือ (1) ปัญหาด้านสังคม เศรษฐกิจ (2) ปัญหาด้านความรู้ในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด (3) ปัญหาด้านการป้องกันและกำจัดโรคใบด่าง มันสำปะหลัง (4) ปัญหาการตระหนักถึงความสำคัญของการผลิต ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของชุมชน และ (5) การ ส่งเสริมและสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 4) ตอนที่ 4 ความต้องการของเกษตรกรในด้านการส่งเสริมการผลิตท่อน พันธุ์มันสำปะหลังสะอาด โดยแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ (1) ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อวิธีการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์ มันสำปะหลังสะอาด และ (2) ความต้องการของเกษตรกรด้านการผลิต ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด ผู้วิจัยดำเนินการ ทดสอบแบบสัมภาษณ์กับเกษตรกรในอำเภอต่างข้าง ที่มีการปลูก มันสำปะหลังและไม่ใช้กลุ่มตัวอย่างของประชากรที่ ศึกษา จำนวน 30 ราย แล้วนำผลที่ได้ในส่วนของปัญหาและความต้องการในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดมาหา ค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้วิธีของครอนบาคอัลฟา (Cronbach's alpha) (สุวิมล, 2555) ได้ค่าความเชื่อมั่นของ แบบสัมภาษณ์ เท่ากับ 0.82 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกร ในพื้นที่อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็น พื้นที่ในการดำเนินโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ปี 2566 จังหวัดสุพรรณบุรี ระหว่างวันที่ 18 พฤศจิกายน ถึง 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สถิติพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ข้อมูลด้านความรู้ของเกษตรกรประกอบด้วย 2 หัวข้อ คือ (1) ความรู้เกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลัง และ (2) ความรู้เกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด โดยให้คะแนนข้อที่ตอบถูก เท่ากับ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ ตอบ เท่ากับ 0 คะแนน หลังจากนั้นรวบรวมคะแนนรายบุคคล เพื่อจัดกลุ่มความรู้เป็น 5 ระดับ คือ (1) ได้คะแนนร้อยละ 80-100 หมายถึง ระดับความรู้ดีมาก (2) ร้อยละ 70-79 หมายถึง ระดับความรู้ดี (3) ร้อยละ 60-69 หมายถึง ระดับความรู้ ปานกลาง (4) ร้อยละ 50-59 หมายถึง ระดับความรู้น้อย (5) ร้อยละ ≤ 50 หมายถึง ระดับความรู้ น้อยมาก ความคิดเห็น ของเกษตรกรเกี่ยวกับความสำคัญของปัญหาในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดและความต้องการของเกษตรกรใน ด้านการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด ผู้วิจัยใช้แบบประเมินค่า (rating scale) ของ Likert แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ 5 = สำคัญมากที่สุด/ต้องการมากที่สุด 4 = สำคัญมาก/ต้องการมาก 3 = สำคัญปานกลาง/ต้องการปานกลาง 2 = สำคัญน้อย/ ต้องการน้อย 1 = สำคัญน้อยที่สุด/ต้องการน้อยที่สุด อภิปรายผลโดยใช้เกณฑ์ความกว้างของอันตรภาค ชั้น คือ คะแนน 4.21-5.00 หมายถึง มากที่สุด คะแนน 3.41-4.20 หมายถึง มาก คะแนน 2.61-3.40 หมายถึง ปานกลาง คะแนน 1.81-2.60 หมายถึง น้อย และคะแนน 1.00-1.80 หมายถึง น้อยที่สุด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร

เกษตรกรเป็นเพศหญิง ร้อยละ 68.30 เพศชาย ร้อยละ 31.70 อายุมากกว่า 51 ปี (ร้อยละ 70) ระดับการศึกษา เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 75.00 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา เป็นลูกค้ำธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ การเกษตร (ร้อยละ 59.10) เกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลังน้อยกว่า 5 ปี (ร้อยละ 26.70) จำนวนแรงงานในครัวเรือน 2-3 คน (ร้อยละ 58.30) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 23.78 ไร่ต่อราย ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยไร่ละ 3,450 บาท รายได้เฉลี่ยไร่ละ 6,447.50 บาท เกษตรกรมีช่องทางการรับรู้และแหล่งข้อมูลด้านการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด โดยได้รับมาจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร (ร้อยละ 52.90) และเอกสารคำแนะนำ/แผ่นพับ (ร้อยละ 29.70) พื้นที่ในการปลูกมันสำปะหลังทั้งหมดอยู่นอกเขตชลประทาน โดยแหล่งน้ำที่ใช้ในการเกษตร ใช้น้ำฝนเป็นหลัก (ร้อยละ 83.30) พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูก คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (ร้อยละ 76.60) และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72 (ร้อยละ 23.40) โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 76.50 เก็บท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไว้ใช้เอง เกษตรกรร้อยละ 91.70 เคยประสบปัญหาการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ ซึ่งอายุเฉลี่ยที่เกษตรกรพบต้นมันสำปะหลังที่แสดงอาการของโรคใบด่างมันสำปะหลัง อยู่ในช่วง 1-3 เดือน (ร้อยละ 92.70) และ 4-6 เดือน (ร้อยละ 7.30) เมื่อพบอาการของโรคใบด่างมันสำปะหลังเกษตรกรดำเนินการทำลายต้นมันสำปะหลังที่เป็นโรคด้วยตนเอง (ร้อยละ 98.20) โดยนำต้นมันสำปะหลังที่เป็นโรคใส่ถุง/กระสอบ และนำไปตากแดดจนต้นมันสำปะหลังตาย (ร้อยละ 60.0) และ วิธีฝังกลบและราดสารกำจัดวัชพืช (ร้อยละ 40.0) เกษตรกรร้อยละ 8.30 ไม่พบต้นมันสำปะหลังที่แสดงอาการของโรค

จากข้อมูลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในการผลิต ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะค่อนข้างทนทานต่อเชื้อไวรัส (Hemniyam et al., 2019) และเกษตรกรเก็บท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไว้ใช้เอง ซึ่งเกษตรกรร้อยละ 91.70 ประสบปัญหาการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ และพบมันสำปะหลังแสดงอาการของโรคใบด่างในช่วง 1-3 เดือน โดยสอดคล้องกับ วันวิสา และคณะ (2563) ที่รายงานว่า จากผลของการประเมินโรคหลังจากมันสำปะหลังมีอายุ 2, 3 และ 4 เดือน พบอัตราการเกิดโรคของแปลงมันสำปะหลังที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 จากแปลงของเกษตรกรเอง เฉลี่ย ร้อยละ 49, 51 และ 55 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการเกิดโรคของแปลงมันสำปะหลังที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์สะอาด พบอัตราการเกิดโรคเฉลี่ยร้อยละ 0.85, 1.4 และ 2.65 ตามลำดับ จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรใช้ ท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคในการผลิตจึงทำให้อัตราการเกิดโรคสูง และการใช้ท่อนพันธุ์สะอาดในการเพาะปลูกมีผลทำให้อัตราการเกิดโรคต่ำ ดังนั้นการใช้ท่อนพันธุ์สะอาดมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการควบคุมการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง

ความรู้เกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลังและการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของเกษตรกร

ความรู้เกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลัง

ผลการทดสอบความรู้เกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรร้อยละ 38.30 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลังอยู่ในระดับน้อย รองลงมา ร้อยละ 28.30 อยู่ในระดับน้อยมาก ร้อยละ 16.70 มีความรู้ความเข้าใจระดับปานกลาง ร้อยละ 11.70 อยู่ในระดับดี และ ร้อยละ 5.00 ในระดับดีมาก (Fig. 1 A) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.22 คะแนน

ความรู้เกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด

ผลการทดสอบความรู้เกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด พบว่า เกษตรกรมีความรู้ระดับน้อย (ร้อยละ 40.00) รองลงมา มีความรู้ระดับน้อยมาก ร้อยละ 26.70 ความรู้ระดับปานกลาง ร้อยละ 25.00 และความรู้ระดับดี ร้อยละ 8.30 (Fig. 1 B) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 17.83 คะแนน

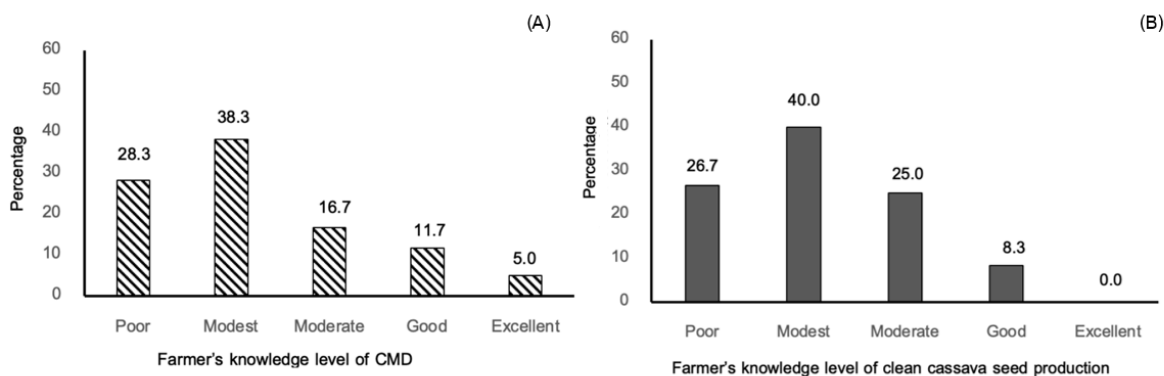


Fig. 1 Percentage of total knowledge level in (A) Cassava mosaic disease (CMD) and (B) production of clean cassava seedlings (N = 60).

จากการประเมินความรู้ของเกษตรกร ทำให้ทราบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลัง และความรู้เกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด อยู่ในระดับน้อยจนถึงน้อยมาก โดยประเด็นที่เกษตรกรตอบผิดมากและเกิดความสับสน คือ ลักษณะอาการของโรค เช่น อาการของต้นมันสำปะหลังเป็นโรคที่เกิดจากแมลงพาหะ และอาการของ ต้นมันสำปะหลังเป็นโรคที่เกิดจากการใช้ท่อนพันธุ์ที่เป็นโรค ซึ่งจะทำให้เกษตรกรเกิดการเข้าใจผิด เมื่อพบลักษณะอาการ ที่เกิดขึ้นกับมันสำปะหลังในแปลง เนื่องจากโรคหรือลักษณะอาการที่คล้ายโรคใบด่างมันสำปะหลังมีหลายสาเหตุ เช่น โรคพุ่มแจ้ โรคที่เกิดจากเชื้อไฟโตพลาสมา อาการผิดปกติเนื่องจากการใช้สารกำจัดวัชพืช และอาการผิดปกติเนื่องจากการขาดธาตุอาหาร (กรมวิชาการเกษตร, 2563) และเกษตรกรยังขาดความรู้เรื่องพืชอาศัยของเชื้อไวรัสโรคใบด่างมันสำปะหลังมีหลายชนิด ส่วนประเด็นที่เกษตรกรตอบผิดส่วนใหญ่เกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด ได้แก่ 1) ในกระบวนการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ควรมีการตัดพันธุ์ปูน 3 ครั้ง 2) หากดินเป็นดินร่วนปนทราย หรือดินทราย ควรใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และ 3) อายุเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง คือ 8-14 เดือน ดังนั้น จำเป็นต้องสร้างองค์ความรู้ให้เกษตรกรเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลัง และการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดเพื่อนำไปสู่การบริหารจัดการที่ถูกต้องในการลดอัตราการเกิดโรคและได้ท่อนพันธุ์สะอาดและมีคุณภาพ

ความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับความสำคัญของปัญหาในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด

จากผลการวิจัยพบว่า (Table 1) เกษตรกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความสำคัญของปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคมอยู่ในระดับมาก ($\mu = 3.59 \pm 0.80$) โดยประเด็นปัญหาที่มีความสำคัญ เช่น ปัจจัยการผลิตมีราคาสูง และราคาผลผลิต ปัญหาด้านความรู้ในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด เกษตรกรให้ความสำคัญในระดับมาก ($\mu = 3.43 \pm 0.92$) ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินระดับความรู้ที่เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ระดับน้อย (Fig. 1 B) โดยประเด็นปัญหาสำคัญที่เกษตรกรขาดความรู้ คือด้านการควบคุมคุณภาพท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง อย่างไรก็ตามสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2561) ได้กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร ต้นพันธุ์มันสำปะหลัง (มกษ. 5704-2561) โดยครอบคลุมเฉพาะพันธุ์ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนพันธุ์พืชจากกรมวิชาการเกษตร หรือพันธุ์ที่รับรองโดย

สถาบันการศึกษา เช่น พันธุ์ระยะของ 90 ระยะของ 5 ระยะของ 72 เกษตรศาสตร์ 50 เกษตรศาสตร์ 72 ห้วยบง 60 เป็นต้น ซึ่งผ่านการจัดเตรียมเพื่อจำหน่ายเป็นส่วนขยายพันธุ์ โดยคำแนะนำการจัดการแปลงมันสำปะหลังที่เป็นต้นพันธุ์ ประกอบด้วย สถานที่ พันธุ์และการเตรียมท่อนพันธุ์ การปลูกและการดูแลรักษา ตลอดจนการเก็บเกี่ยว ซึ่งเกษตรกรต้องมีความเข้าใจ จึงจะสามารถผลิตและควบคุมคุณภาพท่อนพันธุ์ได้

Table 1 Farmers' opinions on the problems about production of clean cassava seedlings (N = 60)

Problems	Assessment Average \pm σ	Level of Problems
1. The economic and social problems		
Factors of production are expensive	3.88 \pm 0.80	High
Lack of labor/high wages	3.53 \pm 0.65	High
Lack of labor-saving/agricultural machinery	3.57 \pm 0.83	High
Farmer's gathering	3.38 \pm 0.90	Moderate
Price of product	3.63 \pm 0.82	High
Grand mean	3.59 \pm 0.80	High
2. Production of clean cassava seedlings knowledge		
Lack of soil preparation knowledge	3.53 \pm 0.91	High
Lack of breed knowledge	3.48 \pm 0.98	High
Lack of knowledge about fertilization	3.41 \pm 0.89	High
Lack of knowledge about water resource	3.43 \pm 1.05	High
Lack of knowledge quality control of cassava stems	3.63 \pm 0.84	High
Lack of knowledge harvesting and preparing cuttings	3.10 \pm 0.86	Moderate
Grand mean	3.43 \pm 0.92	High
3. Prevention and elimination of Cassava mosaic disease		
Lack of diagnostic test for cassava mosaic virus	3.78 \pm 0.90	High
Lack of knowledge about control and eradication	3.85 \pm 0.88	High
Lack of knowledge in surveying and monitoring insect vectors	3.70 \pm 0.87	High
Grand mean	3.77 \pm 0.88	High
4. The problem of realizing the importance of clean cassava seed production in agricultural community		
Awareness of the outbreak of cassava mosaic disease	4.03 \pm 0.69	High
Awareness of Tobacco whitefly outbreaks	3.82 \pm 0.79	High
Awareness of the shortage of clean cassava seedlings	3.80 \pm 0.80	High
Grand mean	3.88 \pm 0.76	High
5. Promotion and support from related agencies		
Visits to farmers' plots by agricultural extension officers	3.55 \pm 0.85	High
Knowledge transfer on the production of clean cassava stems	3.75 \pm 0.68	High
Giving advice to farmers	3.75 \pm 0.75	High
Demonstration plot or learning center for clean cassava production	3.55 \pm 0.77	High
Budget support or production factors from government agencies	3.75 \pm 0.84	High
Grand mean	3.66 \pm 0.78	High

Scores: 5–4.21 = Highest, 4.20–3.41 = High, 3.40–2.61 = Moderate, 2.60–1.81 = Low, and 1.80–1.00 = Lower

ปัญหาด้านการป้องกันและกำจัดโรคใบด่างมันสำปะหลัง เกษตรกรให้ความสำคัญในระดับมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\mu = 3.77 \pm 0.88$) ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรคใบด่างมันสำปะหลัง (Fig. 1 A) ที่เกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับความรู้ต่ำ โดยปัญหาที่สำคัญ คือ การขาดความรู้ในการป้องกันและกำจัดโรค ($\mu = 3.85 \pm 0.88$) สอดคล้องกับชัชวาล และคณะ (2565) ที่ศึกษาเรื่องการส่งเสริมการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในอำเภอตาพระยา จังหวัดสระแก้ว ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีปัญหาเกี่ยวกับการส่งเสริมการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในระดับมาก ($\bar{x} = 3.64$) แต่เมื่อประเมินความรู้ เกษตรกรมีระดับความรู้ปานกลาง ร้อยละ 68.2 และระดับความรู้ดี ร้อยละ 27.8 ซึ่งแตกต่างจากเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดสุพรรณบุรีที่มีความรู้ในระดับน้อย (Fig. 1) และอีกปัญหาที่สำคัญ คือ การขาดชุดตรวจโรคใบด่างมันสำปะหลัง ($\mu = 3.78 \pm 0.90$) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ได้พัฒนาชุดตรวจโรคใบด่างมันสำปะหลังแบบรวดเร็วในรูปแบบ strip test ซึ่งมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการตรวจคัดกรองท่อนพันธุ์มันสำปะหลังปลอดโรคก่อนส่งมอบให้เกษตรกร เพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการนำท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคไปปลูกต่อ ซึ่งถือเป็นมาตรการสำคัญที่ช่วยป้องกันการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2565)

จากการสำรวจความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับความสำคัญของปัญหา ปัญหาด้านการส่งเสริมและสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เกษตรกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความสำคัญของปัญหาในระดับมาก ($\mu = 3.66 \pm 0.78$) โดยมีประเด็นปัญหาที่สำคัญ ได้แก่ 1) การถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด 2) การให้คำแนะนำแก่เกษตรกร และ 3) การสนับสนุนงบประมาณหรือปัจจัยการผลิตจากหน่วยงานราชการ (Table 1) และเกษตรกรให้ความสำคัญกับปัญหาการตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของชุมชนเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด ($\mu = 3.88 \pm 0.76$) (Table 1) ดังนั้น ในการที่จะทำให้เกษตรกรเกิดความตระหนัก เกษตรกรต้องได้รับกระตุ้นจากสิ่งเร้า หรือรับสัมผัสจากสิ่งเร้า เช่น การระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ทำให้ผลผลิตเสียหายอย่างรุนแรง ขาดทุน ไม่สามารถผลิตมันสำปะหลังได้ เป็นต้น เกษตรกรจะเกิดการรับรู้ เกิดความคิดรวบยอด นำไปสู่การเรียนรู้และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและการยอมรับ (จิตร และบำเพ็ญ, 2556)

ความต้องการของเกษตรกรในด้านการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด

ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อวิธีการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด

ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อวิธีการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด ในด้านความต้องการสื่อในการส่งเสริมการเกษตร พบว่า เกษตรกรต้องการสื่อบุคคล และสื่อสิ่งพิมพ์ในระดับมาก ($\mu = 3.97 \pm 0.82$) และ ($\mu = 3.57 \pm 0.85$) ตามลำดับ และต้องการสื่อมวลชนในระดับปานกลาง ($\mu = 3.40 \pm 0.79$) เกษตรกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการกิจกรรมในการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด โดยกิจกรรมที่เกษตรกรต้องการในระดับมาก ได้แก่ 1) การสาธิต ($\mu = 3.68 \pm 0.83$) และ 2) ประชุมและอบรมเชิงปฏิบัติการ ($\mu = 3.67 \pm 0.88$) กิจกรรมที่เกษตรกรต้องการในระดับปานกลาง ได้แก่ 1) การประชุมระดมสมอง ($\mu = 3.25 \pm 1.10$) และ 2) การทัศนศึกษา ($\mu = 3.00 \pm 1.12$) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับนุชนา และคณะ (2565) ที่ศึกษาการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของเกษตรกรในตำบลเขาทอง อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า เกษตรกรมีความต้องการด้านวิธีการส่งเสริมทั้งรายบุคคล และส่งเสริมแบบกลุ่มอยู่ในระดับมาก โดยเกษตรกรมีความต้องการวิธีการส่งเสริมแบบกลุ่ม โดยเรียงลำดับจากความถี่ไปน้อย ได้แก่ การฝึกอบรม ($\bar{x} = 3.76$) การบรรยาย ($\bar{x} = 3.76$) การสาธิต ($\bar{x} = 3.67$) การสัมมนา ($\bar{x} = 3.66$) การระดมสมอง ($\bar{x} = 3.55$) การทัศนศึกษา ($\bar{x} = 3.55$) และการอภิปรายคณะ ($\bar{x} = 3.53$) ตามลำดับ

Table 2 Farmers' requirement on extension methods in clean cassava seedlings production. (N = 60)

Extension methods	Assessment Average $\pm \sigma$	Level of Requirement
<i>Type of extension media</i>		
1) Personal media	3.97 \pm 0.82	High
2) Printing media	3.57 \pm 0.85	High
3) Mass media	3.40 \pm 0.79	Moderate
Type of activity method for extension of clean cassava seedlings production.		
Budget support or production factors from government agencies		
1) Meeting and training workshops	3.67 \pm 0.88	High
2) Demonstration	3.68 \pm 0.83	High
3) Field trip	3.00 \pm 1.12	Moderate
4) Brainstorming	3.25 \pm 1.10	Moderate

Scores: 5–4.21 = Highest, 4.20–3.41 = High, 3.40–2.61 = Moderate, 2.60–1.81 = Low, and 1.80–1.00 = Lower

ความต้องการของเกษตรกรด้านกระบวนการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด

จากตารางที่ 3 พบว่า ประเด็นที่เกษตรกรต้องการให้ส่งเสริมด้านกระบวนการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดในระดับมาก ได้แก่ 1) การควบคุมคุณภาพท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ($\mu = 3.68 \pm 0.89$) ซึ่งสอดคล้องกับเกษตรกรที่ยังขาดความรู้ในด้านการควบคุมคุณภาพท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง (Table 1) 2) การเตรียมดิน ($\mu = 3.63 \pm 0.88$) 3) การดูแลรักษา ($\mu = 3.58 \pm 1.01$) 4) การเลือกพื้นที่ ($\mu = 3.55 \pm 1.06$) และ 5) การเก็บเกี่ยวและการจัดเตรียมท่อนพันธุ์ ($\mu = 3.45 \pm 0.85$) ประเด็นที่เกษตรกรต้องการการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดในระดับปานกลาง ได้แก่ 1) การเตรียมท่อนพันธุ์ ($\mu = 3.33 \pm 1.14$) และ 2) การปลูก ($\mu = 3.20 \pm 0.90$) (Table 3) ตามลำดับ

Table 3 Requirement of farmers in clean cassava seedlings production. (N = 60)

Production process	Assessment Average $\pm \sigma$	Level of Requirement
1. Area selection	3.55 \pm 1.06	High
2. Seedling preparation	3.33 \pm 1.14	Moderate
3. Soil preparation	3.63 \pm 0.88	High
4. Cassava planting	3.20 \pm 0.90	Moderate
5. Cassava caring (Pest management, fertilizer, watering)	3.58 \pm 1.01	High
6. Quality control of cassava stems (pest diagnosis, survey, and surveillance of cassava insect pests, cassava mixed variety selection)	3.68 \pm 0.89	High
7. Harvesting and preparing cuttings	3.45 \pm 0.85	High
Grand mean	3.49 \pm 0.96	High

Scores: 5–4.21 = Highest, 4.20–3.41 = High, 3.40–2.61 = Moderate, 2.60–1.81 = Low, and 1.80–1.00 = Lower

สรุป

การสำรวจปัญหาและความต้องการในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของเกษตรกรในเขตพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีที่เข้าร่วมโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ปี 2566 จำนวน 60 ราย พบว่า เกษตรกรยังขาด

- สุวิมล ตีรกานันท์. 2555. การวิเคราะห์ด้วงแปรพหูในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- ศูนย์ข่าวกรมส่งเสริมการเกษตร. 2565. ทีมกรมส่งเสริมการเกษตรลงพื้นที่ให้คำแนะนำแก่เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ถ่ายทอดความรู้ เพิ่มพูนทักษะและประสิทธิภาพการผลิต ให้ผลผลิตมีคุณภาพตรงกับความต้องการของตลาด. <https://doanews.doae.go.th/archives/13440>, 14 ธันวาคม 2565.
- Dubern, J. 1994. Transmission of African cassava mosaic geminivirus by the whitefly (*Bemisia tabaci*). Trop. Sci. 34: 82–91.
- Hemniam, N., Saokham, K., Roekwan, S., Hunsawattanakul, S., Thawinampan, J., Siriwan, W. 2019. Severity of cassava mosaic disease in resistance and commercial varieties by grafting. In: The 14th National Plant Protection Conference. Dusit Thani Huahin Hotel, Phetchaburi, pp. 163.
- Saokham, K., Hemniam, N., Roekwan, S., Hunsawattanakul, S., Thawinampan, J., Siriwan, W. 2021. Survey and molecular detection of *Sri Lankan cassava mosaic virus* in Thailand. PLoS One. 16: 1–15. doi: 10.1371/journal.pone.0252846
- Tokunaga, H., Baba, T., Ishitani, M., et al. 2018. Sustainable management of invasive cassava pests in Vietnam, Cambodia, and Thailand. In: Kokubun, M., Asanuma, S. (Eds.). Crop Production under Stressful Conditions, Springer. Singapore, pp. 131–157.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. ดร.กาญจนา บุญเรือง | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 2. ดร.จรีรัตน์ ฉันทวุฒิพร | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 3. ผศ.ดร.จุฑามาศ ร่มแก้ว | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร กำแพงแสน |
| 4. ดร.จตุภรณ์ ทัสสกุลพนิช | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 5. ดร.เจตษฎา อุดรพันธ์ | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 6. ผศ.ดร.เจนจิรา ชุมภูคำ | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 7. ดร.เฉลิมชาติ วงศ์ไฉญ์ | ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร |
| 8. รศ.ดร.เฉลิมพล ภูมิไชย์ | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 9. รศ.ดร.ชูศักดิ์ จอมพุท | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร กำแพงแสน |
| 10. ผศ.ดร.เหมอมาลย์ วงศ์ชาวจันทร์ | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 11. ผศ.ดร.ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 12. ผศ.ดร.ทรงยศ โชติชุติมา | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 13. ผศ.ดร.ทัศนัย จารุวัฒน์พันธ์ | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 14. ผศ.ดร.ธนพล ไชยแสน | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 15. ดร.ธนัญกรณ์ ใจผ่อง | กองบริหารการวิจัยและบริการวิชาการ
สำนักงานวิทยาเขตกำแพงแสน |
| 16. รศ.ดร.ธานี ศรีวงศ์ชัย | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 17. รศ.ดร.ธิดา เดชฮวบ | ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร |
| 18. ผศ.ดร.นพ ตันมูขยกุล | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 19. ดร.นิตยา ชูเกาะ | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 20. ผศ.ดร.เนตรนภิส เขียวขำ | ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร |
| 21. ผศ.ดร.เบญญา มะโนชัย | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 22. รศ.ดร.ปกครอง วรรณระอมร | ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ |
| 23. ผศ.ดร.ปริยานุช จุลกะ | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 24. ดร.ปวีณา ชื่นวาริน | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน |
| 25. ผศ.ดร.ปาริชาติ พรหมโชติ | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 26. รศ.ดร.ปิติพงษ์ โดบันลือภพ | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 27. ผศ.ดร.ปิยะ กิตติภาดากุล | ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร |
| 28. ผศ.ดร.ปิยะณัฐ ฝักามาศ | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน |

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 29. ผศ.ดร.พิจิตรา แก้วสอน | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 30. รศ.ดร.พัชรียา บุญออบแก้ว | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 31. ผศ.ดร.เพชรดา ปินใจ | ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร |
| 32. ผศ.ดร.ภัคจี คงศีล | ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร |
| 33. ผศ.ดร.ภััสสร วรรณพินิจ | ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ |
| 34. ดร.ภาวดี ธรรมมาภิชัย | ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร |
| 35. ผศ.ดร.รักศักดิ์ เสริมศักดิ์ | ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร |
| 36. ผศ.ดร.รัชฎาวรรณ เงินกลิ่น | ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร |
| 37. รศ.ดร.วราชาติ วิเศษพัฒน์ | ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร |
| 38. ผศ.ดร.วรรณสิริ วรรณรัตน์ | ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร |
| 39. ดร.วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร | ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร |
| 40. รศ.ดร.ศุภนิดา อับดุลลากาซิม | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน |
| 41. รศ.ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม | ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร |
| 42. ผศ.ดร.สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ | ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร |
| 43. รศ.ดร.สุชมาลย์ เลิศมงคล | ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร |
| 44. ผศ.ดร.สุจินต์ เจนวีระวัฒน์ | ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร |
| 45. รศ.ดร.สุตเขตต์ นาคะเสถียร | ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร |
| 46. ผศ.ดร.สุพจน์ กาเข็ม | ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร |
| 47. ผศ.ดร.สุรพงษ์ ดำรงกิตติกุล | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน |
| 48. รศ.ดร.เสาวนุช ถาวรพฤษ์ | ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร |
| 49. ผศ.ดร.อนงค์นุช สาสนรักกิจ | ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร |
| 50. รศ.ดร.อรอุมา เพี้ยซ้าย | ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร |
| 51. ดร.อรุณี วงษ์แก้ว | ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร |
| 52. ผศ.ดร.อัษฎมณี อาวุชานนท์ | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน |
| 53. ผศ.ดร.อัฒณัชนุญาน์ มงคลชัยพฤษ์ | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 54. รศ.ดร.อัศলেখ รัตนวรรณิ | ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร |
| 55. ผศ.ดร.อารยา อาจเจริญ เพียนหอม | ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร |
| 56. ผศ.ดร.อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช | ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร |
| 57. รศ.ดร.เอกพันธ์ ไกรจักร | ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ |

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. ดร.จิโรจน์ แสงรัตนประเสริฐ
2. ดร.ณภัศรณีย์ ปัญญาสุข
3. ผศ.ดร.ณิมนารักษ์ อยู่คงแก้ว
4. ศ.ดร.นิพนธ์ ทวีชัย
5. ผศ.ดร.ปรีชาติ ดิษฐกิจ
6. รศ.ดร.ยิ่งยง ไพสุสานติวัฒน์
7. ผศ.ดร.วัชร จินตโกวิท
8. รศ.ดร.สมศิริ แสงโชติ
9. ผศ.ดร.สุเทพ ทองแพ
10. รศ.ดร.สุเทวี สุขปรากฏ
11. รศ.ดร.สุรวิษ วรรณไกรโรจน์
12. ศ.ดร.เอ็จ สโรบล
13. รศ.ดร.อำไพวรรณ ภราดรพันธุ์วัฒน์

สาขาชีววิทยาและวิทยาศาสตร์สุขภาพ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์
ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สาขาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สำนักวิชาสหวิทยาการ วิทยาเขตกาญจนบุรี มหาวิทยาลัยมหิดล
ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Editorial Board

Subject: Plants (Internal)

- | | |
|---|---|
| 1. Dr.Kanchana Boonruang | 2. Dr.Jareerat Chunthawodtiporn |
| 3. Asst.Prof.Dr.Jutamas Romkeaw | 4. Dr.Jutiporn Thussagunpanit |
| 5. Dr.Jetsada Authapun | 6. Asst.Prof.Dr.Jenjira Chumpookam |
| 7. Dr.Chalermchart Wongleecharoen | 8. Assoc.Prof.Dr.Chalernpol Phumichai |
| 9. Assoc.Prof.Dr.Chusak Chompuk | 10. Asst.Prof.Dr.Shermarl Wongchaochant |
| 11. Asst.Prof.Dr.Damrongvudhi Onwimol | 12. Asst.Prof.Dr.Songyos Chotchutima |
| 13. Asst.Prof.Dr.Tassanai Jaruwattanaphan | 14. Asst.Prof.Dr.Tanapon Chaisan |
| 15. Dr.Tanankorn Jaiphong | 16. Assoc.Prof.Dr.Tanee Sreewongchai |
| 17. Assoc.Prof.Dr.Tida Dethoup | 18. Asst.Prof.Dr.Nop Tonmukayakul |
| 19. Dr.Nittaya Chukoh | 20. Asst.Prof.Dr.Netnapis Khewkhom |
| 21. Asst.Prof.Dr.Benya Manochai | 22. Assoc.Prof.Dr.Pakorn Wattana-amorn |
| 23. Asst.Prof.Dr.Pariyanuj Chulaka | 24. Dr.Paweena Chuenwarin |
| 25. Asst.Prof.Dr.Parichart Promchote | 26. Assoc.Prof.Dr.Pitipong Thobunluepop |
| 27. Asst.Prof.Dr.Piya Kittipadakul | 28. Asst.Prof.Dr.Piyanath Phagamas |

- | | |
|--|---|
| 29. Asst.Prof.Dr.Pichitra Kaewsorn | 30. Assoc.Prof.Dr.Patchareeya Boonkorkaew |
| 31. Asst.Prof.Dr.Pechlada Pinjai | 32. Asst.Prof.Dr.Pasajee Kongsila |
| 33. Asst.Prof.Dr.Passorn Wonnapijij | 34. Dr.Paradee Thammapijai |
| 35. Asst.Prof.Dr.Raksak Sermsak | 36. Asst.Prof.Dr.Ratchadawan Ngoenklan |
| 37. Assoc.Prof.Dr.Worachart Wisawapipat | 38. Dr.Wannasiri Wannarat |
| 39. Dr.Weerachai Matthayathaworn | 40. Asst.Prof.Dr.Supatida Abdullakasim |
| 41. Asst.Prof.Dr.Somchai Anusontpornperm | 42. Asst.Prof.Dr.Sarawut Rungmekarat |
| 43. Assoc.Prof.Dr.Sukumarn Lertmongkol | 44. Asst.Prof.Dr.Sujin Jenweerawat |
| 45. Assoc.Prof.Dr.Sutkhet Nakasathien | 46. Asst.Prof.Dr.Supot Kasem |
| 47. Asst.Prof.Dr.Surapong Dumrongkittikule | 48. Assoc.Prof.Dr.Saowanuch Tawornpruek |
| 49. Asst.Prof.Dr.Anongnuch Sasnarukkit | 50. Asst.Prof.Dr.Onuma Piasia |
| 51. Dr.Aruneewongkaew | 52. Asst.Prof.Dr.Anyamanee Auvuchanon |
| 53. Asst.Prof.Dr.Anchaya Mongkolchaiyaphruek | 54. Asst.Prof.Dr.Atsalek Rattanawanee |
| 55. Asst.Prof.Dr.Araya Arjcharoen Theanhom | 56. Asst.Prof.Dr.Udomsak Lertsuchatavanic |
| 57. Asst.Prof.Dr.Ekaphan Kraichak | |

Subject: Plants (External)

- | | |
|---|--|
| 1. Dr.Jiroat Sangrattanaprasert | 2. Dr.Napassorn Punyasuk |
| 3. Asst.Prof.Dr.Nimnara Yookongkaew | 4. Prof.Dr.Niphon Thaveechai |
| 5. Asst.Prof.Dr.Parichat Dittakit | 6. Assoc.Prof.Dr.Yingyong Paisooksantiwatana |
| 7. Asst.Prof.Dr.Watcharra Chintakovid | 8. Assoc.Prof.Dr.Somsiri Sangchote |
| 9. Asst.Prof.Dr.Suthep Thongpae | 10. Assoc.Prof.Dr.Sutevee Sukprakarn |
| 11. Assoc.Prof.Dr.Surawit Wannakrairoj | 12. Prof.Ed Sarobol |
| 13. Assoc.Prof.Dr.Ampaiwan Paradornuwat | |

สาขาสัตว์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รศ.ดร.พรรณวดี ไสพรรณรัตน์
2. ผศ.ดร.พัชรี คุรุขันธ์
3. รศ.ดร.ประทีป ดั่งวงศา
4. รศ.ดร.บุญเสฐียร บุญสูง

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

- ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
- ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
- ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์
- ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 11. ดร.นรวิทย์ ประชุม | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง |
| 12. ผศ.ดร.ธีระพงศ์ ดั่งวงดี | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง |
| 13. ผศ.ดร.อนุภรณ์ บุตรสันดี | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง |
| 14. ผศ.ดร.จิราภรณ์ เทียมพันธ์พงศ์ | ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ |
| 15. ผศ.ดร.สุชีลา พลเรือง | ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ |
| 16. ผศ.ดร.บงกช วิชาชูเชิด | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน |
| 17. รศ.ดร.แดงอ่อน พรหมมี | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน |

สาขาประมง: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. ผศ.ดร.ไตรเทพ วิชัยโกวิทเทน | ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 2. ดร.ชวลิต เจริญพงษ์ | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.ดร.อิชฌิกา ศิวยายพรหมณ์ | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. ผศ.ดร.กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ | คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 5. ศ.ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ | สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี |
| 6. ดร.จิตรา ตีระเมธี | สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 7. ดร.สุเมตต์ ปุจฉาการ | สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 8. ผศ.ดร.จรรย์วดี สุริยพันธุ์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 9. ผศ.ดร.วันวิภาห์ ตุ่มน้อย | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| 10. นายคงภพ อัมพลศักดิ์ | ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำปทุมธานี กรมประมง |
| 11. นายศุภกานต์ ชัยโชติวานันท์ | ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์
กรมประมง |

Editorial Board

Subject: Fisheries (Internal)

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. Assoc.Prof.Dr.Thanitha Darbanandana | 2. Asst.Prof.Dr.Santi Pongcharean |
| 3. Asst.Prof.Dr.Pailin Jitchum | 4. Asst.Prof.Sommai Janekikarn |

- | | |
|--|---|
| 5. Assoc.Prof.Dr.Orapint Jintasataporn | 6. Assoc.Prof.Dr.Wara Taparhudee |
| 7. Asst.Prof.Dr.Phongchate Pichitkul | 8. Asst.Prof.Dr.Idsariya Wudtisin |
| 9. Asst.Prof.Dr.Thanakhom Bundhitwongrut | 10. Dr.Sahabhop Dokkaew |
| 11. Dr.Norratouch Prachoom | 12. Asst.Prof.Dr.Teerapong Duangdee |
| 13. Asst.Prof.Dr.Anukorn Boutson | 14. Asst.Prof.Dr.Jiraporn Teampanpong |
| 15. Asst.Prof.Dr.Sucheela Polruang | 16. Asst.Prof.Dr.Bongkot Witchachucherd |
| 17. Assoc.Prof.Dr.Taeng On Prommi | |

Subject: Fisheries (External)

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Asst.Prof.Dr.Tritep Vichkovitten | 2. Dr.Chawalit Charoenpong |
| 3. Asst.Prof.Dr.Itchika Sivaipram | 4. Asst.Prof.Dr.Krasin Hunsaprueke |
| 5. Prof.Dr.Tuanthong Jutagate | 6. Dr.Jitra Teeramaethee |
| 7. Dr.Sumaitt Putchakarn | 8. Asst.Prof.Dr.Jariyavadee Suriyaphan |
| 9. Asst.Prof.Dr.Wanwiwa Tumnoi | 10. Mr.Kongphop Ampolsak |
| 11. Mr.Supakant Chaichotranunt | |

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. รศ.ดร.สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ | ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร |
| 2. ผศ.ดร.น้องนุช ศิริวงศ์ | ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร |
| 3. ผศ.ดร.ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ | ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร |
| 4. ผศ.ดร.วัลภา เต็มทอง | ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร |
| 5. รศ.ดร.พิชัย ทองดีเลิศ | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร |
| 6. รศ.ดร.พัชราวดี ศรีบุญเรือง | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร |
| 7. ผศ.ดร.สุภาภรณ์ เลิศศิริ | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร |
| 8. ผศ.ดร.สุพัตรา ศรีสุวรรณ | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร |
| 9. ผศ.ดร.พนามาศ ตริสุวรรณกุล | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร |
| 10. ผศ.ปพิชญา จินตพิทักษ์สกุล | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร |
| 11. อ.ดร.ปรีดา สามงามยา | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร |
| 12. อ.ดร.นิโลบลวงศ์ภัทรนนท์ | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร |

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. ดร.ณัฐฉิรินทร์ บวรณะสระกะวี สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
2. รศ.ดร.ประเดิม จำใจ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
3. รศ.ดร.สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. ผศ.ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5. อ.ดร.ธนัท สมณคุปต์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. รศ.ดร.ยศ บริสุทธิ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Editorial Board

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (Internal)

1. Assoc.Prof.Dr.Suteelak Kraisuwan
2. Asst.Prof.Dr.Nongnuch Siriwong
3. Asst.Prof.Dr.Parisut Chalermchaiwat
4. Asst.Prof.Dr.Walapa Tamthong
5. Assoc.Prof.Dr.Pichai Tongdeelert
6. Assoc.Prof.Dr.Patcharavadee Sriboonruang
7. Asst.Prof.Dr.Supaporn Lertsiri
8. Asst.Prof.Dr.Supattra Srisuwan
9. Asst.Prof.Dr.Panamas Treewannakul
10. Asst.Prof.Parpitchaya Chintapitaksakul
11. Dr.Preeda Samngamya
12. Dr.Nilobon Vongpattaranon

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (External)

1. Dr.Natnirin Boornasakawee
2. Assoc.Prof.Dr.Praderm Chumjai
3. Assoc.Prof.Dr.Somsak Kuhaswonvetch
4. Asst.Prof.Dr.Duangkamol Panrosthup Thunmathiwa
5. Dr.Thanat Samanakupt
6. Assoc.Prof.Dr.Yos Borisutdhi



ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๑ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยกลุ่มเครือข่ายวิจัยประชาชน จัดให้มีการประชุมทางวิชาการครั้งที่ ๖๑ ในปีพุทธศักราช ๒๕๖๖ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็น ประสบการณ์ และเผยแพร่ผลงานวิจัยสาขาต่าง ๆ สู่สาธารณชน

เพื่อให้การประชุมทางวิชาการครั้งที่ ๖๑ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุผลสำเร็จ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๑ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังต่อไปนี้

คณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ

- | | |
|--|-----------|
| ๑. นายกษภามมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | ที่ปรึกษา |
| ๒. ปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม | ที่ปรึกษา |
| ๓. ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ | ที่ปรึกษา |
| ๔. ปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ | ที่ปรึกษา |
| ๕. ปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | ที่ปรึกษา |
| ๖. ปลัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม | ที่ปรึกษา |
| ๗. ผู้อำนวยการสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม | ที่ปรึกษา |
| ๘. ผู้อำนวยการสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ | ที่ปรึกษา |
| ๙. ประธานกลุ่มมหาวิทยาลัยเครือข่ายวิจัยประชาชน | ที่ปรึกษา |
| ๑๐. อธิบดีกรมการข้าว | ที่ปรึกษา |
| ๑๑. อธิบดีกรมชลประทาน | ที่ปรึกษา |
| ๑๒. อธิบดีกรมประมง | ที่ปรึกษา |
| ๑๓. อธิบดีกรมปศุสัตว์ | ที่ปรึกษา |
| ๑๔. อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน | ที่ปรึกษา |
| ๑๕. อธิบดีกรมส่งเสริมการเกษตร | ที่ปรึกษา |
| ๑๖. ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาธุรกิจสหกรณ์ กรมส่งเสริมสหกรณ์ | ที่ปรึกษา |
| ๑๗. อธิบดีกรมวิชาการเกษตร | ที่ปรึกษา |
| ๑๘. อธิบดีกรมป่าไม้ | ที่ปรึกษา |

๑๙. อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ	ที่ปรึกษา
๒๐. อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี	ที่ปรึกษา
๒๑. อธิบดีกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง	ที่ปรึกษา
๒๒. อธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ที่ปรึกษา
๒๓. อธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช	ที่ปรึกษา
๒๔. นายกษมาคมนิสิตเก่ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	ที่ปรึกษา
๒๕. นายกษมาคมเศรษฐศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒๖. นายกษมาคมเศรษฐศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	ที่ปรึกษา
๒๗. นายกษมาคมสัตว์บาลแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	ที่ปรึกษา
๒๘. นายกษมาคมอารักขาพืชไทย	ที่ปรึกษา
๒๙. นายกษมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางการอาหาร แห่งประเทศไทย	ที่ปรึกษา
๓๐. ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ	ที่ปรึกษา
๓๑. อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธานกรรมการ
๓๒. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและสร้างสรรค์	รองประธานกรรมการ
๓๓. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	รองประธานกรรมการ
๓๔. รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร	กรรมการ
๓๕. รองอธิการบดีฝ่ายเทคโนโลยีดิจิทัล	กรรมการ
๓๖. รองอธิการบดีฝ่ายนวัตกรรมและกิจการเพื่อสังคม	กรรมการ
๓๗. รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนิสิตและพัฒนาอย่างยั่งยืน	กรรมการ
๓๘. รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาคุณภาพ	กรรมการ
๓๙. รองอธิการบดีฝ่ายการเงินและทรัพย์สิน	กรรมการ
๔๐. รองอธิการบดีฝ่ายวิเทศสัมพันธ์	กรรมการ
๔๑. รองอธิการบดีฝ่ายกิจการสภามหาวิทยาลัยและพัฒนา ทรัพยากรมนุษย์	กรรมการ
๔๒. รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาบัณฑิตชั้นสูงและโครงการจัดตั้ง วิทยาเขตสุพรรณบุรี	กรรมการ
๔๓. รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน	กรรมการ
๔๔. รองอธิการบดีวิทยาเขตศรีราชา	กรรมการ
๔๕. รองอธิการบดีวิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร	กรรมการ
๔๖. คณบดีคณะเกษตร	กรรมการ
๔๗. คณบดีคณะประมง	กรรมการ
๔๘. คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์	กรรมการ

๔๙. คณะบดีคณะเทคนิคการสัตวแพทย์	กรรมการ
๕๐. คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์	กรรมการ
๕๑. คณะบดีคณะสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
๕๒. คณะบดีคณะวนศาสตร์	กรรมการ
๕๓. คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
๕๔. คณะบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	กรรมการ
๕๕. คณะบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
๕๖. คณะบดีคณะเศรษฐศาสตร์	กรรมการ
๕๗. คณะบดีคณะบริหารธุรกิจ	กรรมการ
๕๘. คณะบดีคณะศึกษาศาสตร์	กรรมการ
๕๙. คณะบดีคณะสังคมศาสตร์	กรรมการ
๖๐. คณะบดีคณะมนุษยศาสตร์	กรรมการ
๖๑. คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย	กรรมการ
๖๒. ผู้อำนวยการสำนักหอสมุด	กรรมการ
๖๓. ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมและฝึกอบรม	กรรมการ
๖๔. ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์	กรรมการ
๖๕. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการและเลขานุการ
๖๖. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายบริหาร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๖๗. หัวหน้าสำนักงานเลขานุการ สถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๖๘. นางสาวพิชชาอรุณี สิริชีวะเกษร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ ให้ข้อคิดเห็นและอำนวยความสะดวกให้การจัดการประชุมทางวิชาการ
ครั้งที่ ๖๑ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

๑. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและสร้างสรรค์	ที่ปรึกษา
๒. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	ที่ปรึกษา
๓. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ที่ปรึกษา
๔. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายบริหาร	ประธานกรรมการ
๕. นายปิยวัฒน์ ดิลกสัมพันธ์	รองประธานกรรมการ
๖. นางสาวพิชชาอรุณี สิริชีวะเกษร	กรรมการและเลขานุการ
๗. นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณทีป	ผู้ช่วยเลขานุการ
๘. นางสาวพัชรภา รัตนวิญญูภิรมย์	ผู้ช่วยเลขานุการ

๙. กรรมการหมวดวิชาการเกษตรศาสตร์

๙.๑ สาขาพืช

๑. คณบดีคณะเกษตร	ที่ปรึกษา
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาริชาติ พรหมโชติ	ประธานกรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจินต์ เจนวีร์วัฒน์	รองประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์เฉลิมพล ภูมิไชย์	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์ชูศักดิ์ จอมพุก	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์ธิดา เดชฮวบ	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ปิติพงษ์ โต้บันลือภพ	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์พัชรียา บุญกอกแก้ว	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์วรชาติ วิศว์พัฒน์	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์สุชุมลย์ เลิศมงคล	กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์สุดเขตต์ นาคะเสถียร	กรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์เสาวนุช ถาวรพฤษ์	กรรมการ
๑๓. รองศาสตราจารย์อรอุมา เพี้ยซ้าย	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ ร่มแก้ว	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุภรณ์ ทัสสกุลพนิช	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจนจิรา ชุมภูคำ	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมชาติ วงศ์ลีเจริญ	กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมธามลย์ วงศ์ชาวจันทน์	กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล	กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงยศ โชติชุติมา	กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทักษ์ไฉน จารุวัฒน์พันธ์	กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนพล ไชยแสน	กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพ ตันมุกขกุล	กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เนตรนภิส เขียวขำ	กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญญา มะโนชัย	กรรมการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปริยานุช จุลกะ	กรรมการ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปวีณา ชื่นวาริน	กรรมการ
๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะ กิตติภาดากุล	กรรมการ
๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะณัฐ ผกามาศ	กรรมการ
๓๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิจิตรา แก้วสอน	กรรมการ
๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพชรดา ปินใจ	กรรมการ
๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัสสร วรรณพินิจ	กรรมการ
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รักศักดิ์ เสริมศักดิ์	กรรมการ
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชฎาวรรณ เงินกลิ่น	กรรมการ

๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภธิดา อับดุลลาగాซิม	กรรมการ
๓๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม	กรรมการ
๓๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สรารุช รุ่งเมฆารัตน์	กรรมการ
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ กาเซ็ม	กรรมการ
๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรพงษ์ ดำรงกิตติกุล	กรรมการ
๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนงค์นุช สาสนรักกิจ	กรรมการ
๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัญมณี อาวูซานนท์	กรรมการ
๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัมมณชฎานัน มงคลชัยพฤษ์	กรรมการ
๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัศলেখ รัตน์วรรณิ	กรรมการ
๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อารยา อาจเจริญ เทียนหอม	กรรมการ
๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ เลิศสุชาติวนิช	กรรมการ
๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกพันธ์ ไกรจักร	กรรมการ
๔๗. นางสาวกาญจนา บุญเรือง	กรรมการ
๔๘. นางสาวจรีรัตน์ ฉันทวุฒิพร	กรรมการ
๔๙. นายเจตษฎา อุตระพันธ์	กรรมการ
๕๐. นางสาวนิตยา ชูเกาะ	กรรมการ
๕๑. นางสาววรรณสิริ วรรณรัตน์	กรรมการ
๕๒. นายวีรชัย มัธยัสถ์ถาวร	กรรมการ
๕๓. นางสาวอรุณี วงษ์แก้ว	กรรมการ
๕๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภักดิ์ คังศีล	กรรมการและเลขานุการ
๕๕. นางสาวเพชรลดา แจ็งสี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๙.๒ สาขาสัตว์	
๑. คณบดีคณะเกษตร	ที่ปรึกษา
๒. นายกสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์พรรณวดี โสพรรณรัตน์	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี	รองประธานกรรมการ
๕. ศาสตราจารย์ชัยภูมิ ปัญญาศักดิ์	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์ศกร คุณวุฒิมุทิตธิรณ	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์จำเริญ เทียงธรรม	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์วิริยา ลุ่งใหญ่	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรวิทย์ เปี้ยคำภา	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัจฉรา ขยัน	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกพร พ่วงพงษ์	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เขาวีวิทย์ ระฆังทอง	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาญวิทย์ แก้วตาปี	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ธร คงมัน	กรรมการ

๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ สโรช แก้วมณี	กรรมการ
๑๖. สัตวแพทย์หญิง มัธยมณ์ โล่ทอง	กรรมการ
๑๗. นายदनัย จัตวา	กรรมการ
๑๘. นายสมบัติ ประสงค์สุข	กรรมการ
๑๙. นางสาวอัญชลี บวดขุนทด	กรรมการ
๒๐. นางสาวนิภารัตน์ โคตะนนท์	กรรมการ
๒๑. นางสาวทิพย์มนต์ ไยเกษ	กรรมการ
๒๒. นายพัลลภ ตั้งตระกูลทรัพย์	กรรมการ
๒๓. นายพีรยุทธ นิลชื่น	กรรมการ
๒๔. นางสาวพนัดดา บึงศรีสวัสดิ์	กรรมการและเลขานุการ
๒๕. นางสาว ก. ทีปลักษณ์ ระวังเบเหตุ	กรรมการและเลขานุการ
๒๖. นางสาววัชรภรณ์ ศรีพลน้อย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๗. นางสาวสุภาพร ย้อนโคกสูง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๘. นางสาวพิจิตรา เปี้ยธัญญา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๙.๓ สาขาประมง	
๑. คณบดีคณะประมง	ที่ปรึกษา
๒. ศาสตราจารย์อุทัยรัตน์ ณ นคร	ที่ปรึกษา
๓. ศาสตราจารย์สุภาวดี พุ่มพวง	ที่ปรึกษา
๔. ศาสตราจารย์เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์	ที่ปรึกษา
๕. รองคณบดีฝ่ายวิจัย คณะประมง	ประธานกรรมการ
๖. หัวหน้าศูนย์บริหารงานวิจัยและสนับสนุนวิชาการ คณะประมง	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์อรพินท์ จินตสถาพร	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์วราห์ เทพาหุดี	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์กังสดาลัย บุญปราบ	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประพันธ์ศักดิ์ ศิริชะภูมิ	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิต ฉัตรชัยพันธ์	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาย วรชนะนันท์	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพงศ์ ด้วงดี	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมธี แก้วเนิน	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิราภรณ์ ไตรศักดิ์	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรี ครูขยัน	กรรมการ
๑๗. นายถิรวัฒน์ รายรัตน์	กรรมการ
๑๘. นายวชิระ ใจงาม	กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนัสพงษ์ โภควนิช	กรรมการและเลขานุการ
๒๐. นางสาวกาญจนา ทองเครือ	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๑. นางสาวสมิตตรา สุพรรณนอก	ผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๔ สาขาสัตวแพทยศาสตร์

- | | |
|---|----------------------------|
| ๑. คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์ | ที่ปรึกษา |
| ๒. รองคณบดีฝ่ายวิจัย คณะสัตวแพทยศาสตร์ | ที่ปรึกษา |
| ๓. รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ กัญจน์ แก้วมงคล | ประธานกรรมการ |
| ๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ อลงกต บุญสูงเนิน | รองประธานกรรมการ |
| ๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ เกรียงไกร วิฑูรเสถียร | กรรมการ |
| ๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ชนิษฐา เพชรอุดมสินสุข | กรรมการ |
| ๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ปัจฉิมา สิทธิสาร | กรรมการ |
| ๘. สัตวแพทย์หญิง ปริญญาทิพย์ วงศ์ไทย | กรรมการ |
| ๙. นางสาวญาติา หาญปัญญาพิชิต | กรรมการและเลขานุการ |
| ๑๐. นางสาววิศรา มารยาท | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๑๑. นางสาวศรัณยา อร่ามศิริรุจิเวทย์ | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๑๒. นายวงศ์วิศว์ เจริญผล | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

๙.๕ สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์

- | | |
|--|------------------|
| ๑. คณบดีคณะเกษตร | ที่ปรึกษา |
| ๒. รองศาสตราจารย์สาวิตรี รังสิภัทร์ | ที่ปรึกษา |
| ๓. รองศาสตราจารย์จำนงรักษ์ อุดมเศรษฐ์ | ที่ปรึกษา |
| ๔. รองศาสตราจารย์พัฒนา สุขประเสริฐ | ที่ปรึกษา |
| ๕. รองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ | ที่ปรึกษา |
| ๖. รองศาสตราจารย์สิริพันธุ์ จุลกรังคะ | ที่ปรึกษา |
| ๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาภรณ์ เลิศศิริ | ที่ปรึกษา |
| ๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ | ที่ปรึกษา |
| ๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขจีจรัส ภิรมย์ธรรมศิริ | ที่ปรึกษา |
| ๑๐. นางสาวศรัณยา เผือกม่วง | ที่ปรึกษา |
| ๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริพร เรียบร้อย คิม | ประธานกรรมการ |
| ๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้องนุช ศิริวงศ์ | รองประธานกรรมการ |
| ๑๓. นางสาวนริศรา อินทะสิริ | รองประธานกรรมการ |
| ๑๔. รองศาสตราจารย์พิชัย ทองดีเลิศ | กรรมการ |
| ๑๕. รองศาสตราจารย์สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ | กรรมการ |
| ๑๖. รองศาสตราจารย์พัชราวดี ศรีบุญเรือง | กรรมการ |
| ๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พนามาศ ตริวรรณกุล | กรรมการ |
| ๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัตรา ศรีสุวรรณ | กรรมการ |
| ๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธานินทร์ คงศิลา | กรรมการ |
| ๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชลลธร จุเจริญ | กรรมการ |
| ๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมตตา เร่งชวนชวย | กรรมการ |
| ๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปพิชญา จินตพิทักษ์สกุล | กรรมการ |
| ๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ | กรรมการ |

- | | |
|--|----------------------------|
| ๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจิตตา เรืองรัมย์ | กรรมการ |
| ๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำพร แจ่มผล | กรรมการ |
| ๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานต์สุดา วันจันทิก | กรรมการ |
| ๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร | กรรมการ |
| ๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งทิพย์ ลุยเลา | กรรมการ |
| ๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา ชวลิตมณฑิยา | กรรมการ |
| ๓๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัลภา เต็มทอง | กรรมการ |
| ๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรานุช เลิศวัฒนารักษ์ | กรรมการ |
| ๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิประภา รัตนติลภ ภูเก็ต | กรรมการ |
| ๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทิพวรรณ ดวงปัญญา | กรรมการ |
| ๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฤทัย เรืองธรรมสิงห์ | กรรมการ |
| ๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาวิตรี พังงา | กรรมการ |
| ๓๖. นายปรีดา สามงามยา | กรรมการ |
| ๓๗. นางสาวนิโลบล วงศ์ภัทรนันท์ | กรรมการ |
| ๓๘. นางทิพากร ม่วงถึก | กรรมการ |
| ๓๙. นางกรกฎ แพทย์หลักฟ้า | กรรมการ |
| ๔๐. นายวิภูษณะ ศุภนคร | กรรมการ |
| ๔๑. นางสาววสพร นิชรรัตน์ | กรรมการ |
| ๔๒. นางสาวกมล ปัญญาจันทร์ | กรรมการ |
| ๔๓. นางศรีัญญา ศรีโยธิน | กรรมการ |
| ๔๔. นางสาวพิมพ์อร สุขแล้ว | กรรมการ |
| ๔๕. นางสาวทิวาพร มณีรัตนสุกร | กรรมการและเลขานุการ |
| ๔๖. นางภิญญาพัชญ์ โทหนองสา | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๔๗. นางสาวจุฬาลักษณ์ บุตรพองดา | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๔๘. นายศตพล ศิริบำรุงชาติ | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๔๙. นางสาวสุภิญญา ขาวผ่อง | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๕๐. นางสาวมณีนทร เดชแก้ว | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๕๑. นางสาวกรรณิกา พุ่มสาหร่าย | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๕๒. นายภูศิษฐ์คมณ์ แสงตรีเพชรกล้า | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๕๓. นางสาวสวรรณญา แยมวันเพ็ง | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๕๔. นายสหภาพ ศรีโท | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๕๕. นางสาวเจนจุฬา บุญยานุสิทธิ์ | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๕๖. นายเสถียร แสงแถวทิม | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
๑๐. กรรมการหมวดวิชาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
- ๑๐.๑ สาขาวิทยาศาสตร์
๑. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ที่ปรึกษา
๒. ศาสตราจารย์อรินทิพย์ ธรรมชัยพิเนต ประธานกรรมการ

๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐสมน เพชรแสง	รองประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์ปกรณ์ วรรณะอมร	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์โชติกา หยกทองวัฒนา	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์อัญชณี คูเบอร์่า	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ศิริกาญจนา ทองมี	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์มีนา เกา	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์วชิรญาณม์ ธงอาสา	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์พงศ์เทพ ประจงทัศน์	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์แคทลียา ดาวสุด	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์มานิตย์ จิตรภักดี	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลัดดา แต่งวัฒนานุกูล	กรรมการ
๑๔. นางสาวจรีภรณ์ เชื้อดวงผุย	กรรมการ
๑๕. นางสาวจรัสวัน วารกานนท์	กรรมการ
๑๖. นางสาวสุนทรี คุ่มไพโรจน์	กรรมการ
๑๗. นายรัฐพันธ์ ตรงวิวัฒน์	กรรมการ
๑๘. นางสาวพรทิพย์ บุญมงามงคล	กรรมการและเลขานุการ
๑๙. นายสาธิต ประเสริฐมานะกิจ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๐. นายวรพงศ์ สิงห์ชาติ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๑. นางสาวแพรวไพลิน กังวานสุระ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๒. นางสาวภัสรา นวะบุศย์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๓. นางสาวจิระประภา ชันสุข	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔. นางสาววิเศษ นรินทร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๕. นางสาวกัลยาณี เกลอนันต์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๐.๒ สาขาวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์	
๑. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	ที่ปรึกษา
๓. ศาสตราจารย์วันชัย ยอดสุดใจ	ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์นวลวรรณ ทวยเจริญ	รองประธานกรรมการ
๕. ศาสตราจารย์เมตตา เจริญพานิช	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์กฤษณะ ไวยมัย	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์วรดร วัฒนพานิช	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์อภินิติ โชติสังกาศ	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์อรรถัย จงประทีป	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์	กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน	กรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์ชินฉันทย์ อารีประเสริฐ	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตรีทัศน์ ฝึกเจริญผล	กรรมการ

- | | |
|---|----------------------------|
| ๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สีตางค์ พิลัยหล้า | กรรมการ |
| ๑๕. นายพลีชีพร์ สืบสูงค์ | กรรมการ |
| ๑๖. นางสาวสุหัตตา พาหุมนโต | กรรมการและเลขานุการ |
| ๑๗. นางสาวขวัญกมล บุญโปร่ง | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๑๘. นางสาวพัชรียา บุบผาชาติ | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

๑๐.๓ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

- | | |
|--|----------------------------|
| ๑. รองศาสตราจารย์อูลัยวรรณ วิทย์เกียรติ | ประธานกรรมการ |
| ๒. รองศาสตราจารย์ประกิต สุขไย | รองประธานกรรมการ |
| ๓. รองศาสตราจารย์สุดสาย ตริวานิช | กรรมการ |
| ๔. รองศาสตราจารย์ภาณุวัฒน์ สรรพกุล | กรรมการ |
| ๕. รองศาสตราจารย์วรรณสวัสดิ์ รัฐพิทักษ์สันติ | กรรมการ |
| ๖. รองศาสตราจารย์นันทวัน เทอดไทย | กรรมการ |
| ๗. รองศาสตราจารย์ธนโชติ บุญวรโชติ | กรรมการ |
| ๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประมุข ภาระกุลสุขสถิตย์ | กรรมการ |
| ๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนิษฐา วัชรภรณ์ | กรรมการ |
| ๑๐. นางสาวฐิติพร แก้วเพ็ชร | กรรมการ |
| ๑๑. นางสาวพรรณภักดิ์ พรหมเพ็ญ | กรรมการ |
| ๑๒. นางสาวกฤษณา ตรีศีลวัฒน์กุล | กรรมการ |
| ๑๓. นางสาวฐิตาภรณ์ ตัมพานุวัตร | กรรมการ |
| ๑๔. นางสาวศิริพร ต้นจ้อ | กรรมการ |
| ๑๕. นางสาวสุพนิดา วินิจฉัย | กรรมการ |
| ๑๖. นางสาวจารุพร รักใหม่ | กรรมการ |
| ๑๗. รองศาสตราจารย์วรภรณ์ บุญทรัพย์ทิพย์ | กรรมการและเลขานุการ |
| ๑๘. นางดวงสมร นามกระโทก | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๑๙. นางสาวอัญชญา ชมภูแก้ว | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

๑๐.๔ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

- | | |
|---|------------------|
| ๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ | ที่ปรึกษา |
| ๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กอบศักดิ์ วันธงไชย | ที่ปรึกษา |
| ๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรอนงค์ ผิวนิล | ประธานกรรมการ |
| ๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประไพพิศ ชัยรัตน์มโนกร | รองประธานกรรมการ |
| ๕. รองศาสตราจารย์ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล | กรรมการ |
| ๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาสินี วรชนะนันท์ | กรรมการ |
| ๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนิศร์ ปัทมพิฑูร | กรรมการ |
| ๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพวรรณ เสมอวิมล | กรรมการ |
| ๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรพงษ์ วาระรัมย์ | กรรมการ |
| ๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ | กรรมการ |
| ๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวัฒน์ หาญวงศ์จิรวัดน์ | กรรมการ |

๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วาทีณี สอนผกา	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤษฎาพันธุ์ ผลากิจ	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขรรค์ชัย ประสานัย	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พฤทธิ ราชรักษ์	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิรงรอง ดวงใจ	กรรมการ
๑๗. นายสุธี จรรยาสุทธิวงศ์	กรรมการ
๑๘. นายปวีร์ คล่องเวสสะ	กรรมการ
๑๙. นางสาวแอน กำภู ณ อยุธยา	กรรมการ
๒๐. นายภาคภูมิ ชุมณี	กรรมการ
๒๑. นางสาวมณีกาญจน์ อยู่เอี่ยม	กรรมการ
๒๒. นางสาวอุษารตี ภูมาลี	กรรมการ
๒๓. นางสาววีณีส ต่วนเครือ	กรรมการ
๒๔. นายฉัตรพรพรช พงษ์เจริญ	กรรมการ
๒๕. นายณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์	กรรมการ
๒๖. นางสาวละอองดาว เถาว์พิมาย	กรรมการ
๒๗. นางวราภรณ์ ลำไย	กรรมการ
๒๘. นางสาวจินตลา กลิ่นหวล	กรรมการ
๒๙. นางสาวศิริภัสสร ชมเชย	กรรมการ
๓๐. นางณิชชา ประจันตะเสน	กรรมการและเลขานุการ
๓๑. นางสาวเสาวลักษณ์ บัวจันทร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๒. นางสาวสุภาภรณ์ แซ่ลิ้ม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๓. นางสาวมธูรา นิมทิม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๑. กรรมการหมวดวิชาการมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศึกษาศาสตร์

๑๑.๑ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ

๑. คณบดีคณะบริหารธุรกิจ	ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์	ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พลวัฒน์ เลิศกุลวัฒน์	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนาภรณ์ อธิปัญญากุล	รองประธานกรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์วุฒิไกร งามศิริจิตต์	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์วิจิตรศักดิ์ สงวนวงศ์	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐฉัตร คุ้มเนนเชียรชัย	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีรณพงค์ บุญศิริธรรมชัย	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธงชัย ศรีวรรณะ	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชิตตะวัน ชนะกุล	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทร์ วรพาณิชซ์	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภสม สิ้นเพิ่มสุขสกุล	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุชุก ต้วงบุตรศรี	กรรมการ

๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิมพ์พร โสววัฒนกุล	กรรมการ
๑๕. หม่อมหลวงกฤษณา ทรวิวงศ์	กรรมการ
๑๖. นางสาวณิธิชา ธรรมธนากุล	กรรมการ
๑๗. นางสาวณัฐธิดา ฉายรัมย์	กรรมการ
๑๘. นางกนกอร สีมานนท์	กรรมการ
๑๙. นางสาวกรรณิกา มิตรปล้อง	กรรมการ
๒๐. นางสาวปรารถนา ประสงค์สิน	กรรมการและเลขานุการ
๒๑. นายภคพงศ์ พวงศรี	กรรมการและเลขานุการ
๒๒. นางสาวธัญลักษณ์ เพ็งพินิจ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๓. นายฉัตรชัย พ่วงพลับ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔. นายทองปาน ขันดีกรม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๕. นางสาวอรการณีย์ วีระชยาภรณ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๖. นางสาวอารีย์ สีแสงมุข	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๗. นางสาวภีรตา รัตนสิงห์กุล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๘. นางสาวรัตติยา สารระโท	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๙. นางขวัญเมือง สุจริต	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๐. นางเบญจมาศ แยมพลอย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๑. นางสาวรุจาภา แวนแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๒. นางสาวสมพิศ ทิมเทศ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๓. นางสาวจินตนา บุญสุวรรณ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๔. นางสาววรรณนิภา ชาวนา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๕. นายสมชาย ตามบุญ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๖. นายสัญญาชัย ทองขาว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๗. นางสาวเพชรรัตน์ พลาชัย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๘. นางสาวธัญลักษณ์ เกษแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๙. นายสุทิศศักดิ์ อินทร์พงษ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๐. นางสาวธิติพันธ์ ละอองเทพ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๑. นางสาวพรสุดา แต่งจาด	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๒. นายปิติศักดิ์ อุปสุข	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๓. นางสาวกชกร พิศเพ็ง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๔. นางสาวณัฐวดี รูปสงค์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๕. นางสาวชฎารัตน์ เรืองวงษ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๑.๒ สาขาศึกษาศาสตร์	
๑. รองศาสตราจารย์ปัทมาวดี เล่ห์มงคล	ที่ปรึกษา
๒. รองศาสตราจารย์ชานนท์ จันทรา	ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อวยพร ตั้งธงชัย	ที่ปรึกษา
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิบูล เอกวางกูร	ประธานกรรมการ

๕. รองศาสตราจารย์วรวรรณดี สุทธินรากร	รองประธานกรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์ชาติรี ฝ่ายคำตา	รองประธานกรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์ปฐมภรณ์ พิมพ์ทอง	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์ชลธิป สมาหิโต	กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์สุติเทพ ศิริพิพัฒน์กุล	กรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์จีระวรรณ เกษสิงห์	กรรมการ
๑๓. รองศาสตราจารย์จิตตินันท์ บุญสถิรกุล	กรรมการ
๑๔. รองศาสตราจารย์อังคณา ชันตรีจิตรานนท์	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐิกา เพ็งลี	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงชัย อักษรคิด	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูศักดิ์ เอื้องโชคชัย	กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วารุณี ล้วนโชคดี	กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์	กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนนันท์ ธนารัชตะภูมิ	กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุษณี สถิตผสมาน	กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิกร สุมาลี	กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมลักษณ์ กุลศรีโรจน์	กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัตสาตรี ดิถียนต์	กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันดี เกษมสุขพิพัฒน์	กรรมการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์มีชัย ออสุวรรณ	กรรมการ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร	กรรมการ
๒๘. นางสาวสรียา โชติธรรม	กรรมการ
๒๙. นางสาวสุวรรณา ปรมาพจน์	กรรมการและเลขานุการ
๓๐. นายณรงค์ศักดิ์ หวังรัตนปราณี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๑. นายธีระภรณ์ ศิริสุวรรณ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๑.๓ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	
๑. คณบดีคณะสังคมศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะมนุษยศาสตร์	ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์กังสาดล เชาววัฒน์กุล	ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์นันทนัย ประสานนาม	รองประธานกรรมการ
๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมขวัญ สิงห์วี	รองประธานกรรมการ
๖. นางสาวอภิชา ชูติพงศ์พิสิษฐ์	รองประธานกรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์จตุวิทย์ แก้วสุวรรณ	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐวิณี บุญนาค	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพลิน กิตติเสรีชัย	กรรมการ

๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พูนศักดิ์ ไมโศกทรัพย์	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เปรมฤดี เพ็ชรกุล	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปภาณี สุธสม	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พนิดา กุลสิริสวัสดิ์	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิภาดา รัตนติลภ ญูเกิด	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกวลิน ศิลพัฒน์	กรรมการ
๑๖. นางสาวเอื้ออนุช ฌนอมวงษ์	กรรมการ
๑๗. นางสาวพรทิพย์ ลัมพะพันธ์	กรรมการ
๑๘. นางสาวมนัธญา นิลพันธ์ุ	กรรมการ
๑๙. นางสาวพรพรรณ เหมะพันธ์ุ	กรรมการ
๒๐. นางสาวพรรณรัตน์ ดิษฐ์เจริญ	กรรมการ
๒๑. นางสาวธีรพร ชื่นพี	กรรมการ
๒๒. นายชัยรัตน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง	กรรมการ
๒๓. นางสาวสุชาดา สกลกกิจรุ่งเรือง	กรรมการ
๒๔. นายเอกลักษณ์ ไชยภูมิ	กรรมการ
๒๕. นางสาวนิภาพร อินคะณีย์	กรรมการ
๒๖. นางสาวอำไพพงษ์ ทวีธัญลักษณ์	กรรมการ
๒๗. นางสาวปิยะรัตน์ คล้ายแย้ม	กรรมการ
๒๘. นายสรศักดิ์ มงคลสมบูรณ์	กรรมการ
๒๙. นายภานุพงศ์ ปิยาพันธ์ุ	กรรมการ
๓๐. นายสุรพันธ์ุ แสนเลิศ	กรรมการ
๓๑. นายธวัชพงศ์ หาเรือนโภาค	กรรมการ
๓๒. นางสาวพรรณปวี สามปรุ	กรรมการ
๓๓. นางสาววิภาวี เจริญธรรมสุขใจ	กรรมการ
๓๔. นางสาวอัญชญา ต่อมแสง	กรรมการ
๓๕. นางสาวเกวริน ยุทธโกศา	กรรมการ
๓๖. นายวรรณโชค เทียนคำ	กรรมการ
๓๗. นายชิษณุพงศ์ ต้นบัวคลี่	กรรมการ
๓๘. นางสาวจรียา สุพรรณ	กรรมการ
๓๙. นางสาวดารารัตน์ ชิมพัฒน์วงษ์	กรรมการ
๔๐. นางสาวนันทนุช อุดมละมุล	กรรมการ
๔๑. นางสาวผาณิตา ชัยดิเรก	กรรมการ
๔๒. นางสาวสายทิพย์ เหล่าทองมีสกุล	กรรมการและเลขานุการ
๔๓. นางสาวพิชญา สารภิมย์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๔. นางสาววิศนี พ่วงประเสริฐ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๕. นางสาวแก้วตา ต่อมแสง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๖. นางสาวรสิตา กลางประพันธ์ุ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๗. นางสาวศรีวรรณ บุญประเสริฐ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ จัดการเสนอผลงานในการประชุมทางวิชาการ กำหนดหน้าที่ รับผิดชอบและแนวทางการคัดเลือกผลงานที่นำมาเสนอ ประสานงานกับคณะกรรมการหมวดวิชาการ และรับนโยบายจากคณะกรรมการอำนวยการ มาปฏิบัติให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะกรรมการฝ่ายบริหารจัดการประชุมทางวิชาการ

- | | |
|---|-------------------|
| ๑. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและสร้างสรรค์ | ที่ปรึกษา |
| ๒. ผู้อำนวยการสำนักบริหารการศึกษา | ที่ปรึกษา |
| ๓. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | ประธานกรรมการ |
| ๔. ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์ | ประธานกรรมการร่วม |
| ๕. ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมและฝึกอบรม | ประธานกรรมการร่วม |
| ๖. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายบริหาร | รองประธานกรรมการ |
| ๗. ประธานฝ่ายเลขานุการ
(นางอัจฉราวรรณ คล่องช้าง) | กรรมการ |
| ๘. ประธานฝ่ายสารสนเทศ
(ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์) | กรรมการ |
| ๙. ประธานฝ่ายสถานที่
(ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์) | กรรมการ |
| ๑๐. ประธานฝ่ายประชาสัมพันธ์
(นางผกามาศ ธนพัฒน์พงศ์) | กรรมการ |
| ๑๑. ประธานฝ่ายโสตทัศนูปกรณ์
(นายวิเชียร คตพิมพ์) | กรรมการ |
| ๑๒. ประธานฝ่ายจัดการจราจรและรักษาความปลอดภัย
(นายต้น นิลมาติ) | กรรมการ |
| ๑๓. ประธานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ
(รักษาการแทนรองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายเผยแพร่งานวิจัย) | กรรมการ |
| ๑๔. ประธานฝ่ายการเงิน
(ผู้อำนวยการกองคลัง) | กรรมการ |
| ๑๕. ประธานร่วมฝ่ายการเงิน
(นางสาววรรณวิมล ราชอุปนันท์) | กรรมการ |
| ๑๖. ประธานฝ่ายประเมินผล
(ผู้ช่วยผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) (นางสาวสุพรรณนิจ พลเสน) | กรรมการ |
| ๑๗. ประธานฝ่ายพิธีการ
(นางสาวพิชชาอรุณี สิริชีวะเกษร) | กรรมการ |

๑๘. ประธานฝ่ายวิเทศสัมพันธ์ (นางสาวกฤตยา เพชรผึ้ง)	กรรมการ
๑๙. ประธานฝ่ายจัดการฐานข้อมูล (ผู้อำนวยการสำนักหอสมุด)	กรรมการ
๒๐. นายปฏิภักดิ์ ปัญญาบุตรระกูล	กรรมการและเลขานุการ
๒๑. นายพลากร คำแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๒. นายอนุชิต วรปัญญา	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๓. นางสาวชนิกานต์ ศักดาพิทักษ์	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔. นายชโนดม ชุมก	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๕. นายกิตติศักดิ์ แสงอรุณ	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๖. นางสาวสุภิดา เข้ากระจ่าง	ผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ ประสานงาน ดำเนินการ และอำนวยความสะดวกการจัดประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๑ เพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงและเป็นไปด้วยความเรียบร้อย โดยประธานแต่ละฝ่ายนั้นสามารถพิจารณาคัดเลือก และแต่งตั้งกรรมการภายในฝ่ายได้เอง หากต้องการจัดทำเป็นคำสั่งเพิ่มเติมให้แต่งตั้งโดยส่วนงานในสังกัด

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไปโดยมีวาระ ๑ ปี

ประกาศ ณ วันที่ ๓๐ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๕



(นายจรัล วัชรินทร์รัตน์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ประกาศสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๑
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อให้การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๑ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงให้แต่งตั้งคณะกรรมการฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ ดังรายนามต่อไปนี้

- | | |
|---|-------------------------------|
| ๑. ผู้รักษาการแทนรองผู้อำนวยการฝ่ายเผยแพร่งานวิจัย
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | ประธานคณะกรรมการ |
| ๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีณัฏฐ์ ศศิธนากรแก้ว | คณะกรรมการ |
| ๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตตินาถ เรชาลิลิต | คณะกรรมการ |
| ๔. นางสาวทักษิญา วัชรสารทรัพย์ | คณะกรรมการ |
| ๕. นายภานนท์ คุ่มสุภา | คณะกรรมการ |
| ๖. นางสาวทิสยา ทิศเสถียร | คณะกรรมการ |
| ๗. นางสาวรติกร สมิตไมตรี | คณะกรรมการ |
| ๘. นางสาวนินดา รัตตมณี | คณะกรรมการ |
| ๙. นายวิวัส ยูทธโกศา | คณะกรรมการ |
| ๑๐. นายวิโรตม์ เอื้อยะตะกุล | คณะกรรมการ |
| ๑๑. นายสิงห์อำพล จันทร์วิเศษ | คณะกรรมการ |
| ๑๒. นางสาวมณฑา ปานทิม | คณะกรรมการ |
| ๑๓. นางสาวพิชชาอรุณี สิริชีวะเกษร | คณะกรรมการและเลขานุการ |
| ๑๔. นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณทิพย์ | คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๑๕. นางสาวพัชรภา รัตนวิญญูภิรมย์ | คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้ มีหน้าที่ ดำเนินการผลิตสื่อวิชาการ อาทิ สื่อประชาสัมพันธ์งานประชุมวิชาการ สื่อข้อกำหนดต่างๆ จัดทำกำหนดการ หนังสือสูจิบัตร หนังสือรวบรวมบทคัดย่อ (Book of Abstracts) หนังสือตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่องเต็ม (E-Proceedings) การประสานงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ รวมไปถึงการผลิตสื่อมัลติมีเดียและการถ่ายทอดสดงานประชุม โดยประสานงานกับฝ่ายวิชาการและฝ่ายต่างๆ ให้ดำเนินงานไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๕

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วราภา มหากาญจนกุล)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ปรัชญา

เป็นสถาบันที่มีปณิธานมุ่งมั่นในการสั่งสมเสาะแสวงหา และพัฒนาความรู้
ให้เกิดความเจริญงอกงามทางภูมิปัญญาที่เพียบพร้อมด้วย
วิชาการ จริยธรรม และคุณธรรม ตลอดจนเป็นผู้ชี้นำทิศทางการสืบทอด
เจตนารมณ์ที่ดีของสังคมเพื่อความคงอยู่ ความเจริญ
และความเป็นอารยะของชาติ

จัดโดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ร่วมกับ
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
กระทรวงศึกษาธิการ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม
สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
เครือข่ายวิจัยประชารัฐ

ฝ่ายเลขาธิการคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 61
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



kuannualconf@gmail.com



<http://annualconference.ku.ac.th>



<http://www.rdi.ku.ac.th>