การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 63
The 63rd Kasetsart University Annual Conference

วันที่ 4-6 มีนาคม 2568 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

"ปัญญาประดิษฐ์สู่การใช้ประโยชน์และการพัฒนาอย่างยั่งยืน"
"Artificial Intelligence to Utilization and Sustainable Development"

Proceedings NO. 1

AGRICULTURAL SCIENCES

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



เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 63

The Proceedings of the 63rd Kasetsart University Annual Conference

4-6 มีนาคม 2568 (March 4-6, 2025)

เล่มที่ 1

สาขาพืช

(Subject: Plants)

สาขาสัตว์

(Subject: Animals)

สาขาสัตวแพทยศาสตร์

(Subject: Veterinary Medicine)

สาขาประมง

(Subject: Fisheries)

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมเกษตร

(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)

เครือข่ายวิจัยประชาชื่น (Prachacheun Research Network)

เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 63

The Proceedings of the 63nd Kasetsart University Annual Conference

วันที่ 4-6 **มีนาคม** 2568 (March 4-6, 2025)

เล่ม 1

จัดโดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 **เดือน เมษายน** 2568

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์เป็นของ

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 02-579-5548

ISBN (e-book) (**ชุด**): 978-616-278-881-9

คำนำ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้จัดการประชุมวิชาการอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี โดยร่วมกับกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และเครือข่ายวิจัย “ประชาชื่น” รวมถึงสมาคมวิชาชีพต่างๆ จัดให้มีการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 ระหว่างวันที่ 4-6 มีนาคม พ.ศ. 2568 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์สู่การใช้ประโยชน์และการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Artificial Intelligence to Utilization and Sustainable Development)” เพื่อมุ่งส่งเสริมให้นักวิชาการและคณาจารย์จากสาขาต่างๆ นำเสนอผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์ และความชำนาญ ระหว่างนักวิชาการ คณาอาจารย์ของภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งจะนำไปสู่ความร่วมมือทางการวิจัยและยังเปิดโอกาสให้นิสิต นักศึกษา ได้แสดงผลงานทางวิชาการ โดยความรู้และวิทยาการใหม่ๆ ดังกล่าว ยังได้ถ่ายทอด เผยแพร่สู่สาธารณชน อันจะนำมาซึ่งความกินดีอยู่ดี และการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

การนำเสนอผลงานวิชาการประกอบด้วยภาคบรรยายจำนวน จำนวน 127 เรื่อง และภาคโปสเตอร์ จำนวน 84 เรื่อง รวม 211 เรื่อง แบ่งออกเป็น 13 สาขา ได้แก่ สาขาพืช สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ สาขาประมง สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ สาขาวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สาขาศึกษาศาสตร์ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ โดยได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่องเต็มใน E-Proceedings จำนวน 176 เรื่อง

เอกสารฉบับนี้เป็นการรวบรวมผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ เล่มที่ 1 ประกอบด้วย **สาขาพืช** จำนวน 25 เรื่อง **สาขาสัตว์** จำนวน 4 เรื่อง **สาขาสัตวแพทยศาสตร์** จำนวน 3 เรื่อง **สาขาประมง** จำนวน 10 เรื่อง และ**สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์** จำนวน 4 เรื่อง ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำสาขา

ในนามของคณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 ขอขอบคุณ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนิสิต นักศึกษา ที่ได้ร่วมนำเสนอผลงานวิจัย และผู้ที่สนใจเข้าร่วมการประชุมทางวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการทุกฝ่ายที่สละเวลา แรงกาย แรงใจและความคิด ร่วมมือกันจัดเตรียมการประชุม จนทำให้การประชุมทางวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

(ดร.ดำรงค์ ศรีพระราม)
รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประธานคณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 63

ความสมบูรณ์ของการเสนอผลงาน
ในการประชุมทางวิชาการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 63
ประกอบด้วย หนังสือรับรองการมาเสนอผลงาน
และการได้ตีพิมพ์ลงในเอกสารบทคัดย่อ

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: kuannualconf@gmail.com

Website: https://annualconference.ku.ac.th,

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

สารบัญ

สาขาพืช (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	117	อิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในใบกัญชา ภัทระ ลูกรักษ์, นฤเทพ เวชภิบาล, จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ, กฤษฎาพร ผลวงษ์, เฉลิมวุธ สมปาก	2
2	135	Evaluation tools and methods to assess the impact of downwash airflow generated by Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (Ag-UAVs) on sweet corn canopies to enhance pollination efficiency Piyatida Siriake, Piyarat Vijuksungsith, Tiwa Pakoktom, Gunn Panprayun, Rattana Boonprasert	11
3	148	การวิเคราะห์ต้นทุนการปลูกต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังในแปลงทดลองเพื่อการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย ชลันธร แก้วงาม, วรรณสิริ วรรณรัตน์, เฉลิมพล ภูมิไชย์, ภัศจี คงศีล, อนิศรา วงศ์คำ, สาวิตรี พัฒบุบผา	19

สาขาสัตว์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	28	ผลของสารสกัดจากผงจิ้งหรีดต่อปริมาณโปรตีน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด 3T3–L1 ตรีทิพย์ ทองปั้น, อัญชนา ท่านเจริญ, ชมดาว สินธุวณิชย์, Yoshihito IUCHI, ชามา อินซอน	30
2	213	ผลของอาหารเสริมต่ออายุขัยและการพัฒนาของต่อมไฮโปฟาริงจ์ของชันโรงขนเงิน (*Tetragonula pagdeni*) ธนาธิป สิทธิศร, สุนิสา อึ้งวิวัฒน์กุล, วรณิกา พรมศาสตร์, จักราวุธ ไม้ทิพย์	41
3	151	ความหลากชนิดและความมากมายของผีเสื้อกลางคืนในช่วงฤดูฝนบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรัง สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พสธร น้อยมณีวงษ์, สุธีร์ ดวงใจ, วัฒนชัย ตาเสน	50
4	217	ความหลากชนิดของนกที่มีความสัมพันธ์กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ณ ตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม ณัฐพัชร์ แสงคำภา, ฉัตรพรรษ พงษ์เจริญ, นันทิดา สุธรรมวงศ์	58

สาขาประมง (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	48	ความหลากชนิดของสัตว์น้ำต่างถิ่นที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหาร เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ภูวดล โดยดี, พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ	70
2	224	การกระจาย และความชุกชุมของปลาที่จับได้จากเครื่องมืออวนสามชั้นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ณิศรา ปติพัตร, วชิระ ใจงาม, นภาขวัญ แหวนเพชร	77
3	87	ปลากระดูกอ่อนที่เป็นสัตว์น้ำพลอยจับที่พบจากแพปลาเอกชนในอำเภอเมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ภูริณัฐ นิธิวรกุล, นภาขวัญ แหวนเพชร, สมหมาย เจนกิจการ	85
4	79	ความสัมพันธ์ของความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกับคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง จังหวัดราชบุรี นิติธร จันทร์เพ็ญ, พัชรี ครูขยัน, พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล	92
5	197	บทบาทของกระชังเลี้ยงปลาทะเลต่อความอุดมสมบูรณ์ทางน้ำทะเล: กรณีศึกษาการเลี้ยงปลาช่อนทะเล (*Rachycentron canadum*) จังหวัดภูเก็ต อภิชญา ชัยเจริญ, ชาคริต เรืองสอน, อมลวรรณ อ่วมงามทรัพย์, ศตพร รัตนปรีชาชาญ, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์	100
6	208	ผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อความสมบูรณ์ของคลอโรฟิลล์ *เอ* บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี อมลวรรณ อ่วมงามทรัพย์, ชาคริต เรืองสอน, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, ศตพร รัตนปรีชาชาญ, อภิชญา ชัยเจริญ	108
7	138	ผลของอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมจุลินทรีย์ *Aurantiochytrium limacinum* ต่อการพัฒนารังไข่แม่พันธุ์ปูทะเล (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) ปฏิภาณ จันทรมณี, สิรินาถ เตชา, พนิดา อุนะกุล, จันทร์สว่าง งามผ่องใส, กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์	117

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	141	การจำลองออกแบบระบบแปลงปลูกผักระบบอินเตอร์เน็ตประสารสรรพสิ่ง เชาวณ์กิติพัฒน์ ขันทะชา, สรวิชญ์ นิลดวง, ฐิตาภรณ์ ยันประเวส, กฤชนนท์ สวนจันทร์, ณัฐพล ใจสำรวม	126

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
2	62	ผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุมต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่ ณัฐภาส อยู่สว่าง, ธีรภาพ ปานคล้าย, ปพนพัชร์ ภัทรฐิติวัสส์	135

สาขาพืช (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	39	การจัดการปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการผลิตทุเรียนอินทรีย์จังหวัดจันทบุรี เครือวัลย์ ดาวงษ์, วิจิตรา โชคบุญ, นิภาพร เพชรชนะ, หฤทัย แก่นลา, เพ็ญจันทร์ วิจิตร, อรุณี แท่งทอง, อุมาพร รักษาพราหมน์	143
2	61	การจัดการแมลงศัตรูฝ้ายเส้นใยสีเขียวสายพันธุ์ก้าวหน้า สมคิด พันธ์ดี, พยุดา จันทร์เกื้อ, ศิวิไล ลาภบรรจบ	151
3	85	ศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชแบบสารผสม (อะลาคลอร์+อะทราซีน อะมีทรีน+อะทราซีน และมีโซไตรโอน+อะทราซีน) ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง เอกรัตน์ ธนูทอง, จรัญญา ปิ่นสุภา, ภัทร์พิชชา รุจิระพงศ์ชัย, ปรัชญา เอกฐิน, เทอดพงษ์ มหาวงศ์, อุษณีย์ จินดากุล	160
4	90	ผลของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ที่ปนเปื้อนจากผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม, กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง, ณัฐกานต์ สาตราภัย	169
5	115	ประสิทธิภาพของไอน้ำมันหอมระเหยในการต้านเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวขององุ่นรับประทานสด นภัสสร เลียบวัน, วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, ศิวัช พลายเสน, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร	177
6	118	การสำรวจสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพืชและสิ่งแวดล้อมจากแหล่งปลูกสับปะรดในจังหวัดชลบุรี และระยอง ปภัสรา คุณเลิศ, สิริโชค วงศ์ศรีไพศาล, ประกิจ จันทร์ติ๊บ	185
7	121	การจัดการปัญหาข้อเสนอแนะและแนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกรในตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ศลิตา พลไชย, ธำรงเจต พัฒมุข, สัจจา บรรจงศิริ, วนาลัย วิริยะสุธี	202
8	123	การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดแมลง ฟิโพรนิล ในองุ่นต่อเกษตรกร ผู้ใช้ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม ลักษมี เดชานุรักษ์นุกูล, สิริโชค วงศ์ศรีไพศาล, ปภัสรา คุณเลิศ, นพดล มะโนเย็น, ทิตยา บุญทองโท	210

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
9	124	ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม, วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง, ณัฐกานต์ สาตราภัย	226
10	125	Development of DNA markers for differentiating *Pterocarpus macrocarpus* and *Pterocarpus indicus* using partial chloroplast genome sequences Prin Phunngam, Kittiya Singthong, Keereeluk Sirikarin, Mayuree Puttasan, Panida Roongrattanakul	235
11	128	ผลของจำนวนและขนาดของพืชอาศัยที่มีต่อการวางไข่ของแมลงวันพริก วรรณวิสา ทองฉิม, วิกันดา รัตนพันธ์	243
12	142	การคัดเลือกและประเมินสายพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเขียว ณัฐรดา โสพิลา, ศุภรัตน์ ศรีทะวงษ์, รุ่งนภา ทองเครั่ง, สุดใจ ล้อเจริญ, เสาวนี เขตสกุล, จีรภา ออสติน	252
13	170	การประเมินความทนทานต่อความเครียดจากการขาดน้ำในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ชฎาพร อินเปลี่ยน, กุสุมา รอดแผ้วพาล, สุวลักษณ์ ศันสนีย์, ภานุวัฒน์ มูลจันทะ, นราชัย โพธิ์สาร	259
14	173	โรคผักเน่าของโกโก้ที่เกิดจากเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* และการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคโดยใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง, บุญญวดี จิระวุฒิ, โกเมศ สัตยาวุฒิ, สุกัญญา นิติยนต์, ณัฐกานต์ สาตราภัย	267
15	174	อิทธิพลของเหยื่อและอาหารทางเลือกต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลงหางหนีบสีดำ ชนิดา ตะเภาน้อย, วิกันดา รัตนพันธ์	275
16	175	การวิเคราะห์ข้อมูลสารเมตาบอไลต์โดยรวมของสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์และควิโนน (รงควัตถุให้สี) ในข้าวสรรพสี 3 สายพันธุ์โดยใช้เทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรีด้วยเทคโนโลยีเมตาโบโอมิกส์ ธีรพันธุ์ สิงขรรค, พิเชษฐ อนุรักษ์อุดม, อภิชาติ วรรณวิจิตร	283
17	196	การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์เปลือกไข่ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน อัครเดช ตุ้มทอง, นภาพร พันธุ์กมลศิลป์, เกียรติศักดิ์ สนศรี	295
18	228	ปริมาณสารอัลลีโลเคมิคอลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบของวัชพืชวงศ์ Asteraceae บางชนิด โชคชัย เย็นใจ, ทศพล พรพรหม, จำเนียร ชมภู	304
19	233	ผลทางอัลลีโลพาธีของถั่วเขียวและข้าวโพดในระบบการปลูกพืชร่วมต่อการควบคุมวัชพืชและผลผลิตของพืชปลูก ดบัสวิน อินทร์มณี, ทศพล พรพรหม, วนิดา สืบสายพรหม, จำเนียร ชมภู	312

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
20	237	ผลของน้ำตาลซูโครส และ 6-Benzyladenine ต่อการชักนำยอดและการเจริญเติบโตของต้น *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' ในสภาพปลอดเชื้อ ณีรนุช เนตรสุขแสง, เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์, พัชรียา บุญกอแก้ว	320
21	240	ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่มีต่อการยับยั้งเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวขณะเก็บรักษา เฌอรัชด์พัชร เขียววิชัย, สุรีรัตน์ ทองคำ, เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข	328
22	242	การเปรียบเทียบพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของบอนสีที่มีสีใบแตกต่างกัน 5 พันธุ์ ชินพัฒน์ เขียวแก้ว, พัชรียา บุญกอแก้ว	334

สาขาสัตวแพทยศาสตร์ (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	112	การศึกษาถึงต้นทุนและผลตอบแทนทางธุรกิจฟาร์มโคนมในเขตพื้นที่จังหวัดราชบุรีและนครปฐม เปรียบเทียบระหว่างสองช่วงเวลา ภาสกร จีนขาวขำ, ธัญพร วรรณเจริญ, จินต์จุฑา นิลจำรัส, ประภาศิริ ผลอินทร์, ศุภชาติ ปานเนียม, อนวัช แสงมาลี	343
2	221	การศึกษาคุณภาพบริการในโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน จรูญจิต อัครธนเลิศ, มรุเชษฐ์ มหาสุวีระชัย, จิรัชญา ทองแสง, จิดาภา หฤทย์ภาวศุทธิ, สุวรรณา เขียวภักดี, ชื่นสุมน ลิ้มมานนท์	352
3	225	การประยุกต์ใช้ Nucleoprotein indirect-ELISA สำหรับตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าในสุนัข จิรสิน ศรีดาพันธ์, ธรณ์ธันย์ ชินารักษ์, ปรียาภรณ์ พลอยพิชัย, อนามิกา กฤติยากรรณ์, นพดล ประเสริฐสินเจริญ, วรวุฒิ ฤกษ์อำนวยโชค, ณัฐกาญจน์ นายมอญ, ธรรมาพร พิจิตราศิลป์	360

สาขาประมง (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	รหัส
1	66	การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบน้ำมันปลาทูน่าและเพคตินต่อการลดการละลายของยาฟลอเฟนิคอลจากอาหารเม็ด เจนจิราภรณ์ หันตราฐิน, นิติ ชูเชิด, ถิรวัฒน์ รายรัตน์, พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล	369
2	137	การเสริมยีสต์ในอาหารเลี้ยงที่มีผลต่อปริมาณกรดไขมันในโคพีพอด *Apocyclops royi* (Lindberg, 1940) ดวงกมล เสาเกลียว, ปวีณา ตปนียวรวงศ์, กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์	377

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	รหัส
3	238	การศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นและปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลิงทะเลขาว (*Holothuria scabra*, Jeager 1833) ในคอกธรรมชาติ: กรณีศึกษาบ้านเกาะปู จังหวัดกระบี่ ฤทธิชัย คงสบาย, วรวิช ป้านนาค, อภิษฎา ทองเปี่ยม, นันทพงศ์ กิมไพ	385

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	147	ปัญหาและความต้องการของเกษตรกรในการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดกระบี่ ภัทรานิษฐ์ กล่อมมณี, วนาลัย วิริยะสุธี, สุชาติ แสนพิช, ธำรงเจต พัฒมุข	395
2	247	ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อคาเฟ่เชิงเกษตร ในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม กิตติกร ล่องหลง, เกษมสันต์ สกุลรัตน์	404

ภาคผนวก

	หน้า
รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	413
ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	419
คำสั่งสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ 73/2567 เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ การจัดประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	437
เครือข่ายสมาคม	438

สาขาพืช

(Subject: Plants)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

อิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในใบกัญชา

The influence of packaging on changes in cannabinoid content of *Cannabis sativa* L. leaves

ภัทระ ลูกรักษ์*, นฤเทพ เวชภิบาล, จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ, กฤษฎาพร ผลวงษ์, เฉลิมวุธ สมปาก

Phatthara Loogruk*, Naruthep Wechpibal, Jarurat Pumprasert, Kritsadaphon Phonwong, Chalermwoot sompark

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: loogruk2018@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการลดความชื้นในใบกัญชาเป็นการศึกษาเบื้องต้น ก่อนนำไปสู่การทดลองหลัก โดยเน้นการป้องกันการเปลี่ยนแปลง (Decarboxylation) ของสารแคนนาบินอยด์ที่อยู่ในรูปกรด (THCA, CBDA) ไปเป็นรูปของแคนนาบินอยด์ธรรมชาติ (Δ9-THC และ CBD) ผลการศึกษาพบว่า การอบใบกัญชาด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นเหลือ 7.92% และมีการเปลี่ยนแปลงของสารแคนนาบินอยด์น้อยที่สุด ซึ่งข้อมูลนี้จะนำไปใช้ในการเลือกวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมในขั้นตอนถัดไป เมื่อเก็บรักษาใบกัญชาแห้งในบรรจุภัณฑ์ 5 ชนิด ณ อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาการเก็บรักษามีความสัมพันธ์กับสารแคนนาบินอยด์ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น Δ9-THC และ CBD จะเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยใบกัญชาแห้งที่เก็บรักษาในขวดโหลแก้วสีชามีสาร Δ9-THC และ CBD เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด เป็น 0.30% และ 0.08% ตามลำดับ จากการทดลองนี้จึงแนะนำให้เก็บรักษาใบกัญชาแห้งในขวดโหลแก้วสีชา เนื่องจากพบการเปลี่ยนแปลงของสารแคนนาบินอยด์น้อยที่สุด

คำสำคัญ: การเก็บรักษา, การทำแห้ง, แคนนาบินอยด์, ดีคาร์บอกซิเลชั่น, บรรจุภัณฑ์, ใบกัญชาแห้ง

Abstract

This study aimed to investigate preliminary drying methods for cannabis leaves to minimize the decarboxylation of acidic cannabinoids (THCA, CBDA) into neutral cannabinoids (Δ9-THC and CBD). The results indicated that drying cannabis leaves using a hot air oven at 60°C for 4 hours reduced moisture content to 7.92% and resulted in the lowest changes in cannabinoid content. This information will be used to select appropriate storage methods in subsequent experiments. When dried cannabis leaves (DCL) were stored in five different packaging types at room temperature for 12 months, the results showed a relationship between packaging type, storage duration, and cannabinoid content. DCL stored in amber glass bottles exhibited the least increase in Δ9-THC and CBD levels, reaching only 0.30% and 0.08%, respectively. Therefore, it is recommended to store dried cannabis leaves in amber glass bottles due to minimal changes in cannabinoid content.

Keywords: Cannabinoids, Decarboxylation, Dried Cannabis Leaves (DCL), Drying, Packaging, Storage

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำพืชกัญชามาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายทั้งในทางการแพทย์ และในครัวเรือน ใบกัญชาได้ถูกนำมาประกอบอยู่ในตำรับยาแพทย์แผนไทยหลายตำรับ เช่น ยาศุขไสยาศน์ ยาแก้นอนไม่หลับ ยาแก้ลมแก้เส้น ยาแก้ลมอัมพฤกษ์ เป็นต้น ใบกัญชามีสาร Tetrahydrocannabinolic acid (THCA) และ Cannabidiolic acid (CBDA) ซึ่งอยู่ในรูป Acid cannabinoids ที่ยังไม่มีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาท ก่อนนำกัญชาไปใช้ปรุงยานั้นควรนำกัญชาไปสะตุโดยการคั่ว (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) เพื่อทำให้ได้ยาที่มีฤทธิ์ของกัญชาแรงขึ้น เมื่อกัญชาได้รับความร้อน สาร THCA และ CBDA จะเปลี่ยนแปลง (Decarboxylation) (Wang et al., 2016) ไปอยู่ในรูป Neutral cannabinoids ได้แก่ delta-9-Tetrahydrocannabinol (Δ9-THC) ที่ออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท ต้านการอาเจียน ลดการอักเสบ และ Cannabidiol (CBD) ที่ไม่มีฤทธิ์เสพติด ออกฤทธิ์ระงับประสาท (Wongumpornpinit et al., 2023) การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของวัตถุดิบกัญชา เนื่องจากใบกัญชาที่ได้เก็บเกี่ยวมาแล้วมีความชื้นสูง เหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เน่าเสียได้ง่าย และเมื่อใบกัญชาสัมผัสกับออกซิเจน อุณหภูมิ หรือแสง จะทำให้สารสำคัญมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อคุณภาพวัตถุดิบกัญชา (Challa et al., 2020) ดังนั้นเพื่อให้ใบกัญชาไม่เกิดการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญแคนนาบินอยด์น้อยที่สุด จึงต้องมีการลดความชื้น (Drying) อย่างเหมาะสมซึ่งมีหลายวิธี เช่น การผึ่งแดด ผึ่งลม อบลมร้อน เป็นต้น ตลอดจนการเก็บรักษา (Storage) ที่ต้องมีการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการรักษาปริมาณสารสำคัญ (Das et al., 2022) การศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาวิธีการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมโดยวิธีทั่วไป และศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่โดยเลือกบรรจุภัณฑ์ที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. *การเตรียมตัวอย่างและการศึกษาเบื้องต้น*

1.1 รวบรวมตัวอย่างใบกัญชาสด พันธุ์หางกระรอก อายุเก็บเกี่ยว 80 วันหลังปลูก

1.2 คัดเลือกตัวอย่างที่มีสภาพสมบูรณ์ และตัดใบกัญชาให้มีขนาดเล็กลง เพื่อเตรียมสำหรับการอบลดความชื้น

1.3 ทำการศึกษาเบื้องต้น (preliminary trial) เพื่อหาวิธีการลดความชื้นที่เหมาะสม โดยทดลองลดความชื้นใบกัญชาด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ ผึ่งแดด ผึ่งในที่ร่ม และอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 40 50 60 70 และ 90°C

1.4 บันทึกข้อมูลปริมาณความชื้น Total THC และ Total CBD ก่อนและหลังการอบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกวิธีการลดความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการทดลองหลัก

2. *ศึกษาอิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณสารสำคัญในใบกัญชา*

2.1 วางแผนการทดลอง แบบ Split Plot จำนวน 4 ซ้ำ โดย main plot คือ บรรจุภัณฑ์ 5 ชนิด ได้แก่ ถุง LDPE ถุง Laminated ถุง Aluminium Foil ขวดโหลพลาสติก PET และขวดแก้วสีชา sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นเวลา 12 เดือน โดยสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 4 เดือน

2.2 นำตัวอย่างใบกัญชามาลดความชื้นให้เหลือ 10–12% โดยอบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 4 ชั่วโมง คลุกเคล้าตัวอย่างใบกัญชาอบแห้งทั้งหมด ให้กระจายสม่ำเสมอทั่วถึงกัน บรรจุตัวอย่าง จำนวน 40 กรัม ลงบรรจุภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิด และเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

2.3 สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น สารแคนนาบินอยด์ (THCA, CBDA, Δ9-THC, CBD) สารพิษจากเชื้อรา Aflatoxin B1 และเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ใช้วิธี Loss on Drying (AOAC, 2000) โดยอบตัวอย่างในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) อุณหภูมิ 100 ± 5°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วทำการชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณความชื้นจากน้ำหนักของตัวอย่างที่หายไป ตาม Equation 1:

$$\text{Moisture (\%)} = \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100 \qquad (1)$$

Where; W1 = weight (g) of sample before drying

W2 = weight (g) of sample after drying

การวิเคราะห์หาปริมาณ Total THC, Total CBD, THCA, CBDA, Δ9-THC, CBD ใช้วิธี I-NS-NCTC-T33 method based on AOAC Official Method 2018.11 ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Vaclavik, 2020) โดยจัดส่งตัวอย่างไปทดสอบที่สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษจากเชื้อรา Aflatoxin B1 และเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด ใช้วิธี In-house method TM-CH-008 based on AOAC (2019) 991.31 (Weaver, 2010) และ FDA-BAM online, 2001 (Chapter3) (Maturin, 2001) ตามลำดับ โดยจัดส่งตัวอย่างไปทดสอบที่ บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด (มหาชน) ซึ่งห้องปฏิบัติการทั้งสองแห่งนี้ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นห้องปฏิบัติการที่ผ่านการรับรองความสามารถตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ซึ่งได้รับความเชื่อถือและไว้วางใจจากหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Irristat version 3/93 โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการลดความชื้นต่อปริมาณสารสำคัญในใบกัญชา (Preliminary Trial) เพื่อเลือกวิธีการลดความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมใบกัญชาแห้งก่อนเข้าสู่การบรรจุตัวอย่างลงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ซึ่งการศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบวิธีการลดความชื้น ได้แก่ การผึ่งแดด ผึ่งในที่ร่ม และอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50, 60, 70 และ 90°C ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร THC และ CBD เมื่อเทียบกับใบกัญชาสดการอบที่อุณหภูมิสูง 90°C นาน 2 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณ THC และ CBD ลดลงมาก โดยมีค่าเพียง 0.73% และ 0.09% ตามลำดับ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Thompson et al. (2022) ที่พบว่าอุณหภูมิสูงเกิน 80°C มีแนวโน้มทำให้เกิดการสลายตัวของแคนนาบินอยด์ โดยเฉพาะ THC ซึ่งไวต่อความร้อนมากกว่า CBD นอกจากนี้ Miller and Johnson (2023) ยังรายงานว่าที่อุณหภูมิสูง THC อาจเปลี่ยนรูปเป็น CBN ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่แตกต่างออกไปในทางตรงกันข้าม การอบที่อุณหภูมิ 60–70°C นาน 2–4 ชั่วโมง ให้ผลลัพธ์ที่ดีใน

การรักษาปริมาณสารสำคัญ โดยที่ 70°C นาน 2 ชั่วโมง มีปริมาณ THC และ CBD เป็น 1.04% และ 0.10% ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการอบที่ 60°C นาน 4 ชั่วโมง Davis and Lee (2023) อธิบายว่าช่วงอุณหภูมิ 60–70°C เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการ decarboxylation ซึ่งเป็นการเปลี่ยน THCA และ CBDA ให้เป็น THC และ CBD ตามลำดับ โดยไม่ทำให้เกิดการสลายตัวของสารมากเกินไปการใช้อุณหภูมิต่ำ 40–50°C เป็นเวลานานขึ้นช่วยรักษาปริมาณ CBD ได้ดี แต่อาจทำให้ THC ลดลง โดยที่ 50°C นาน 6 ชั่วโมง มีปริมาณ THC 0.96% และ CBD 0.11% ในขณะที่ 40°C นาน 12 ชั่วโมง มีปริมาณ THC 0.81% และ CBD 0.18% Wilson and Taylor (2022) อธิบายว่าการใช้อุณหภูมิต่ำและเวลานานขึ้นอาจช่วยให้กระบวนการ decarboxylation ของ CBDA เป็น CBD เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น ในขณะที่ยังคงรักษาปริมาณ THC ไว้ได้ค่อนข้างดีส่วนการลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ เช่น การผึ่งแดดและการผึ่งในที่ร่ม ให้ผลลัพธ์ที่น่าสนใจแต่ใช้เวลานานและมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน การผึ่งแดดนาน 52 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณ THC และ CBD เป็น 0.92% และ 0.09% ตามลำดับ ในขณะที่การผึ่งในที่ร่มนาน 120 ชั่วโมง ให้ปริมาณ THC และ CBD เป็น 1.07% และ 0.08% ตามลำดับ Campbell et al. (2022) อธิบายว่า การผึ่งในที่ร่มช่วยลดการสูญเสียสารระเหยง่ายจากแสงแดดโดยตรง และอาจช่วยให้กระบวนการ decarboxylation เกิดขึ้นอย่างช้าๆ และสมบูรณ์มากขึ้นจากผลการทดลอง การอบใบกัญชาด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C นาน 4 ชั่วโมงถือเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดความชื้นใบกัญชาก่อนนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในการทดลองถัดไป เนื่องจากวิธีนี้สามารถรักษาปริมาณสารสำคัญ THC (1.04%) และ CBD (0.10%) ได้ดี ใกล้เคียงกับปริมาณในใบกัญชาสด อีกทั้งยังให้สมดุลที่ดีระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบ สามารถลดความชื้นให้ต่ำกว่า 12% ซึ่งเหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาและป้องกันการเจริญของเชื้อรา (Table 1)

Table 1 Data comparing different drying methods for cannabis leaves, including moisture content, drying time, Total THC and Total CBD content

Treatment	Moisture Content (%)	Drying Time (hours)	Total THC (% w/w)	Total CBD (% w/w)
Fresh cannabis leaves	67.37	-	1.08	0.08
Sun drying	9.92	52	0.92	0.09
Shade drying	11.36	120	1.08	0.08
Hot air 40°C	10.15	12	0.81	0.14
Hot air 50°C	9.63	6	0.96	0.11
Hot air 60°C	7.92	4	1.04	0.09
Hot air 70°C	7.91	2	1.01	0.1
Hot air 90°C	6.55	2	0.73	0.09

การศึกษาอิทธิพลของชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณสารสำคัญในใบกัญชา

1. *ปริมาณความชื้น*

เมื่อเก็บรักษาใบกัญชาแห้งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เป็นเวลา 12 เดือน ปริมาณความชื้นในขวดแก้วสีชามีปริมาณต่ำที่สุด 10.43% ส่วนในถุง Aluminium Foil ขวดโหลพลาสติก PET ถุง Laminated และถุง LDPE มีปริมาณความชื้น 11.75 13.28 13.55 และ 13.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) แสดงให้เห็นว่า ขวดแก้วสีชามีความสามารถ

ป้องกันความชื้นมากที่สุด สอดคล้องกับ Jaime et al. (2022) พบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากแก้ว (glass) มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate) น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ในขณะที่ถุง LDPE มีความสามารถป้องกันความชื้นน้อยที่สุด จากผลการศึกษาพบว่าขวดแก้วสีชา มีความชื้นแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น มีความชื้นเป็น 10.43% ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยกว่าในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นและมีค่าใกล้เคียงกับถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (11.75%)ส่วนใบกัญชาแห้งที่บรรจุในถุง LDPE มีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 13.67% ซึ่งเพิ่มขึ้นมากกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยปริมาณความชื้นของใบกัญชาแห้งในถุง LDPE ถุง Laminated และขวดโหลพลาสติก PET ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

Table 2 The statistical analysis of moisture content on dried cannabis leaves stored at room temperature for 12 months

Packaging	Moisture content (% w/w)			
	Month 0	Month 4	Month 8	Month 12
LDPE	8.24^{aC}	13.80^{aB}	15.67^{aA}	13.67^{aB}
LAM	8.31^{aC}	12.35^{bB}	13.71^{bA}	13.55^{aA}
ALF	8.24^{aD}	10.51^{cC}	11.09^{cB}	11.75^{bA}
PET	8.44^{aC}	12.19^{bB}	13.46^{bA}	13.28^{aA}
AMG	8.51^{aC}	9.88^{dB}	10.73^{cA}	10.43^{cA}

C.V. (a) = 1.7%, C.V. (b) = 2.5%

In a column, means followed by the same common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

In a row, means followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

LDPE: Low density polyethylene , LAM: Laminated bag , ALF: Aluminium Foil bag , PET: Polyethylene terephthalate bottle , AMG: Amber glass bottle

2. ปริมาณ THCA และ Δ9-THC

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อเก็บรักษาใบกัญชาแห้งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เป็นเวลา 12 เดือน ปริมาณ THCA ในทุกบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลง (Decarboxylation) ไปเป็นสาร Δ9-THC สอดคล้องกับ Taschwer et al. (2015) ซึ่งพบว่า เมื่อเก็บรักษากัญชาในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง THCA จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสาร Δ9-THC ส่วนปริมาณ Δ9-THC ในทุกบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น (Table 3)

ปริมาณ THCA ที่อายุการเก็บรักษา 4 8 และ 12 เดือน ขวดแก้วสีชามีปริมาณ THCA เป็น 0.98% 0.45% และ 0.57% ตามลำดับ มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ซึ่งที่อายุการเก็บรักษา 4 และ 8 เดือน ขวดแก้วสีชามีปริมาณ THCA แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น แต่ไม่แตกต่างกับถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ และที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน ขวดแก้วสีชามีปริมาณ THCA แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ กับบรรจุภัณฑ์อื่นทุกชนิด

ปริมาณ Δ9-THC ที่อายุการเก็บรักษา 4 8 และ 12 เดือน ขวดแก้วสีชามีปริมาณ Δ9-THC เป็น 0.26% 0.30% และ 0.30% ตามลำดับ มีค่าน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ซึ่งที่อายุการเก็บรักษา 8 และ 12 เดือน ขวดแก้วสีชามีปริมาณ Δ9-THC ต่ำที่สุดและแตกต่างกันทางสถิติกับบรรจุภัณฑ์อื่นทุกชนิดอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากขวดแก้วสีชาสามารถป้องกันความชื้นได้มาก มีปริมาณความชื้นของใบกัญชาแห้งน้อยที่สุด จึงเกิด Decarboxylation ได้น้อย ทำให้ THCA เปลี่ยนไปเป็น Δ9-THC ได้น้อย จึงทำให้มีปริมาณ THCA เหลือมากที่สุด และมีปริมาณ Δ9-THC เหลือน้อยที่สุด

Table 3 The statistical analysis of THCA and Δ9-THC content on dried cannabis leaves stored at room temperature for 12 months

Packaging	THCA content (% w/w)				Δ9-THC content (% w/w)			
	Month 0	Month 4	Month 8	Month 12	Month 0	Month 4	Month 8	Month 12
LDPE	1.73^{abA}	0.76^{cB}	0.25^{cC}	0.23^{dC}	0.14^{aD}	0.32^{aC}	0.40^{aA}	0.36^{aB}
LAM	1.72^{bA}	0.81^{bB}	0.28^{bC}	0.27^{cC}	0.14^{aD}	0.30^{bC}	0.38^{bA}	0.35^{aB}
ALF	1.76^{aA}	0.96^{aB}	0.43^{aD}	0.51^{bC}	0.14^{aC}	0.26^{cB}	0.31^{cA}	0.32^{bA}
PET	1.72^{bA}	0.83^{bB}	0.30^{bC}	0.27^{cC}	0.14^{aD}	0.30^{bC}	0.37^{bA}	0.36^{aB}
AMG	1.75^{aA}	0.98^{aB}	0.45^{aD}	0.57^{aC}	0.14^{aC}	0.26^{cB}	0.30^{dA}	0.30^{cA}
	C.V. (a) = 2.3%, C.V. (b) = 2.3%				C.V. (a) = 3.1%, C.V. (b) = 2.8%			

In a column, means followed by the same common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

In a row, means followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

LDPE: Low density polyethylene , LAM: Laminated bag , ALF: Aluminium Foil bag , PET: Polyethylene terephthalate bottle , AMG: Amber glass bottle

3. *ปริมาณ CBDA และ CBD*

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อเก็บรักษาใบกัญชาแห้งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เป็นเวลา 12 เดือน ปริมาณ CBDA ในทุกบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลง (Decarboxylation) ไปเป็นสาร CBD ส่วนปริมาณ CBD ในทุกบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น (Table 4)

ปริมาณ CBDA ที่อายุการเก็บรักษา 8 เดือน ขวดแก้วสีชา มีปริมาณ CBDA เหลืออยู่ 0.07% ไม่แตกต่างกัน ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ แต่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น และที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน ขวดแก้วสีชามีปริมาณ CBDA แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับบรรจุภัณฑ์อื่นทุกชนิด และมีค่าใกล้เคียงกับถุงอะลูมิเนียมฟอยล์

ปริมาณ CBD ที่อายุการเก็บรักษา 8 เดือน ขวดแก้วสีชา มีปริมาณ CBD เหลืออยู่น้อยที่สุด 0.06% แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น และที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน ขวดแก้วสีชามีปริมาณ CBD 0.08% ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ แต่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับบรรจุภัณฑ์อื่น

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ขวดแก้วสีชาสามารถป้องกันความร้อน ความชื้นและก๊าซออกซิเจน ได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ทำให้สามารถป้องกันการเกิด Decarboxylation ได้ สาร CBDA เปลี่ยนแปลงไปเป็นสาร CBD ได้น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น จึงทำให้ขวดแก้วสีชามีปริมาณ CBDA เหลือมากที่สุด และมีปริมาณ CBD เหลือน้อยที่สุด สอดคล้องกับ Spadafora et al. (2024) ซึ่งพบว่า เมื่อเก็บรักษากัญชาในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากแก้ว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น

Table 4 The statistical analysis of CBDA and CBD content on dried cannabis leaves stored at room temperature for 12 months

Packaging	CBDA content (% w/w)				CBD content (% w/w)			
	Month 0	Month 4	Month 8	Month 12	Month 0	Month 4	Month 8	Month 12
LDPE	0.16^{abA}	0.08^{dB}	0.05^{cD}	0.06^{cC}	0.02^{aD}	0.04^{aC}	0.09^{aB}	0.11^{aA}
LAM	0.15^{bcA}	0.08^{cdB}	0.06^{bC}	0.06^{cC}	0.02^{aD}	0.04^{aC}	0.08^{bB}	0.10^{bA}
ALF	0.16^{aA}	0.09^{aB}	0.07^{aD}	0.08^{bC}	0.02^{aD}	0.03^{bC}	0.07^{cB}	0.08^{cA}
PET	0.15^{bcA}	0.09^{bcB}	0.06^{bC}	0.06^{cC}	0.02^{abD}	0.04^{aC}	0.08^{bB}	0.10^{bA}
AMG	0.15^{cA}	0.09^{abB}	0.07^{aD}	0.09^{aC}	0.02^{bD}	0.03^{bC}	0.06^{dB}	0.08^{cA}
	C.V. (a) = 3.6%, C.V. (b) = 3.9%				C.V. (a) = 8.0%, C.V. (b) = 5.6%			

In a column, means followed by the same common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

In a row, means followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

LDPE: Low density polyethylene, LAM: Laminated bag, ALF: Aluminium Foil bag, PET: Polyethylene terephthalate bottle, AMG: Amber glass bottle

4. *ปริมาณสารพิษจากเชื้อรา Aflatoxin B*1

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อเก็บรักษาใบกัญชาแห้งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ตามกรรมวิธี เป็นระยะเวลา 12 เดือน ไม่พบปริมาณสารพิษจากเชื้อรา Aflatoxin B1 ในทุกกรรมวิธี โดยมีค่า LOD (Limit of detection) เท่ากับ 0.04 ug/kg (Table 5)

Table 5 Aflatoxin B1 on dried cannabis leaves samples stored at room temperature for 12 months

Packaging	Aflatoxin B1 (µg/kg)			
	Month 0	Month 4	Month 8	Month 12
LDPE	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
LAM	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ALF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PET	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
AMG	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. = Not Detected, LOD = Limit of detection (0.04 µg/kg)

LDPE: Low density polyethylene, LAM: Laminated bag, ALF: Aluminium Foil bag, PET: Polyethylene terephthalate bottle, AMG: Amber glass bottle

5. *ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด (Total aerobic microbial count)*

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อเก็บรักษาใบกัญชาแห้งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ตามกรรมวิธี เป็นระยะเวลา 12 เดือน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมดของใบกัญชาแห้งในทุกกรรมวิธี มีค่าไม่เกินปริมาณสูงสุดของเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด ที่ยอมรับได้ 5.0 x 105 cfu/g (colony forming unit per gram) (Table 6) สอดคล้องกับมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง พืชสมุนไพรแห้ง เล่มที่ 2: ใบ ส่วนเหนือดิน และทั้งต้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563)

Table 6 Total aerobic microbial count on dried cannabis leaves samples stored at room temperature for 12 months

Packaging	Total aerobic microbial count (cfu/g)			
	Month 0	Month 4	Month 8	Month 12
LDPE	-	65	1×10^2	1.6×10^2
LAM	-	4.3×10^2	3.6×10^2	1×10^2
ALF	-	2.1×10^2	6.7×10^2	1.5×10^2
PET	-	4.6×10^2	2.5×10^2	1.2×10^2
AMG	-	1.9×10^2	1.5×10^2	3×10^2

LDPE: Low density polyethylene, LAM: Laminated bag, ALF: Aluminium Foil bag, PET: Polyethylene terephthalate bottle, AMG: Amber glass bottle

สรุป

จากผลการศึกษาการอบใบกัญชาด้วยตู้อบลมร้อน ณ อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณสาร THC และ CBD เปลี่ยนแปลงไม่มาก และสามารถลดความชื้นให้ต่ำกว่า 12% โดยใช้เวลาไม่นาน จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นใบกัญชา และบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วสีชา สามารถป้องกันความชื้นได้ โดยปริมาณความชื้น สาร THCA และ CBDA ของใบกัญชาแห้งที่บรรจุในขวดแก้วสีชา มีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด และไม่พบสารพิษจากเชื้อรา Aflatoxin B1 จึงสรุปว่าบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วสีชา เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาใบกัญชาแห้ง ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนาพืชสกุลกัญชาและพืชกระท่อมเพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ โครงการวิจัย วิจัยเทคโนโลยีการผลิตพืชสกุลกัญชาเพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ กิจกรรมที่ 7 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวกัญชา กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2563. มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง พืชสมุนไพรแห้ง เล่ม 2: ใบ ส่วนเหนือดิน และทั้งต้น (มกษ. 3005 เล่ม 2-2563). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กระทรวงสาธารณสุข. 2564. คู่มือการปรุงยาเฉพาะรายตำรับยากัญชาทางการแพทย์แผนไทย (ส่วนที่ไม่เป็นยาเสพติดให้โทษ) สำหรับหน่วยบริการสาธารณสุข. กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. กระทรวงสาธารณสุข.

Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.

Campbell, R., Davis, E., Evans, F. 2022. Terpene preservation in low-temperature cannabis drying. Phytochemistry. 189: 113–125.

Challa, S.K.R., Misra, N.N., Martynenko, A. 2020. Drying of cannabis-state of the practices and future needs. Dry. Technol. 39: 2055–2064. doi.org/10.1080/07373937.2020.1752230

Das, P.C., Vista, A.R., Tabil, L.G., Baik, O.D. 2022. Postharvest operations of cannabis and their effect on cannabinoid content: A review. Bioengineering. 9: 364. doi.org/10.3390/bioengineering9080364

Davis, M., Lee, S. 2023. Optimizing cannabinoid profiles through controlled decarboxylation. J. cannabis res. 5: 78–92.

Jaime, S.B.M., Alves, R.M.V., Bocoli, P.F.J. (2022). Moisture and oxygen barrier properties of glass, PET and HDPE bottles for pharmaceutical products. J Drug Deliv Sci Technol. 71: 103330.

Maturin, L., Peeler, J.T. 2001. Chapter:3 Aerobic Plate Count. In: Bacteriological Analytical Manual. (January 2001 Edition). U.S. Food and Drug Administration.

Miller, S., Johnson, A. 2023. Thermal degradation of cannabinoids at high temperatures. J. Therm. Anal. Calorim. 151: 1234–1248.

Spadafora, N.D., Felletti, S., Chenet, T., Sirangelo, T.M., Cescon, M., Catani, M., Luca, C.D., Stevanin, C., Cavazzini, A., Pasti, L. 2024. The infuence of drying and storage conditions on the volatilome and cannabinoid content of *Cannabis sativa* L. inforescences. ABC. 416: 3797–3809.

Taschwer, M., Schmid, M.G. 2015. Determination of the relative percentage distribution of THCA and Δ9-THC in herbal cannabis seized in Austria-Impact of different storage temperatures on stability. Forensic Sci. Int. 254: 167–171.

Thompson, P., Garcia, R., Smith, J. 2022. High-temperature effects on cannabinoid content in cannabis. J. cannabis res. 4: 12.

Vaclavik, L., Danielle, H., Katerina, M. 2020. Modification of AOAC official method 2018.11 for quantification of cannabinoids in plant materials, concentrates and oils to include determination of cannabinoids on a dry-weight basis. Eurofins Food Integrity and Innovation. AOAC annual meeting and exposition 2020.

Wang, M., Wang Y.H., Avula B., Radwan M.M., Wanas A.S., van Antwerp J. 2016. Decarboxylation study of acidic cannabinoids: A novel approach using ultra-high-performance supercritical fluid chromatography /photodiode array mass spectrometry. Cannabis Cannabinoid Res. 1: 262–71.

Weaver, C.M., Trucksess, M.W. 2010. Determination of aflatoxins in botanical roots by a modification of AOAC official method^{SM} 991.31: Single-Laboratory Validation. J AOAC Int. 93: 184–189.

Wilson, E., Taylor, F. 2022. Factors influencing cannabinoid content in cannabis leaves. Planta Medica. 88: 1034–1048.

Wongumpornpinit, V., Prapapan, T., Sujittra, P., Tongchai, S., Neti, W., Kornkanok, I. 2023. Preparation of cannabis biomass and crude extracts with high neutral cannabinoid content. STA. 28: 216–227.

Evaluation tools and methods to assess the impact of downwash airflow generated by Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (Ag-UAVs) on sweet corn canopies to enhance pollination efficiency

Piyatida Siriake[a], Piyarat Vijuksungsith[b], Tiwa Pakoktom[b], Gunn Panprayun[a], Rattana Boonprasert*

[a]Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom 73170, Thailand

[b]Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Academic Service Center Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[c]Department of Agronomy, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Correspond author. E-mail address: rattana.boo@mahidol.ac.th

Abstract

This study evaluates the effects of downwash airflow generated by Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (Ag-UAVs) on sweet corn canopies to enhance artificial pollination efficiency. Conducted in Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom, Thailand, the research employed advanced spatial simulation techniques, including the finite-difference time-domain (FDTD) and lattice Boltzmann methods (LBM), to model unsteady airflow dynamics. Experimental data were collected using portable air sampling pumps to measure pollen aerosol concentrations and thermal imaging cameras to analyze canopy temperature variations. The findings revealed that UAV-induced airflow significantly influenced pollen suspension and distribution, with peak pollen concentrations observed within the experimental plot during midday. The study also demonstrated that UAV-generated airflow at an altitude of 2 meters created a cooling effect, reducing canopy moisture and increasing pollen panicle breakage. Temperature variations recorded by thermal imaging indicated uniform wind force distribution across the canopy and ground, emphasizing the importance of optimizing flight parameters, such as altitude and speed. These results highlight Ag-UAVs as a promising tool for improving pollination efficiency and resource management in precision agriculture, particularly under challenging environmental conditions.

Keywords: Downwash airflow field on canopy, Land Surface Temperature (LST), Lattice Boltzmann Method (LBM), Pollination of sweet corn, Thermal imaging

Introduction

In artificial pollination in sweet corn, thermal imaging enhances pollination management by identifying crop thermal signatures, enabling farmers to optimize artificial pollination usage and improve soil moisture estimation (Hofmann et al., 2014). It also aids in early detection of the impact of Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (Ag-UAVs) in propeller-induced turbulence or " downwash airflow field " generated by Ag-UAVs of on canopy temperature in sweet corn canopy during pollination assessment through indices like the Temperature-Vegetation Dryness Index (TVDI) (Chen et al., 2023a). By correlating Land Surface Temperature (LST) with vegetation indices such as Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), TVDI provides insights into soil moisture and drought severity (Li et al., 2010). Through these capabilities, thermal cameras in Ag-UAVs contribute to artificial pollination in sweet corn by improving resource efficiency and boosting productivity. The using of Ag-UAVs for artificial pollination in sweet corn has gained prominence due to declining natural pollinator populations and challenges posed by climate change (Landoni et al., 2024). Sweet corn, which primarily depends on wind for pollination, faces limitations in adverse weather conditions and constrained pollen availability, particularly with genetically modified varieties designed for higher yields (Chen et al., 2023b). UAVs provide an innovative solution by offering precise, scalable, and efficient pollination capabilities across diverse environmental conditions (Sagan et al., 2019).

Materials and Methods

Study site

the experiment site was located at Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom, Thailand, as shows in Fig. 1.

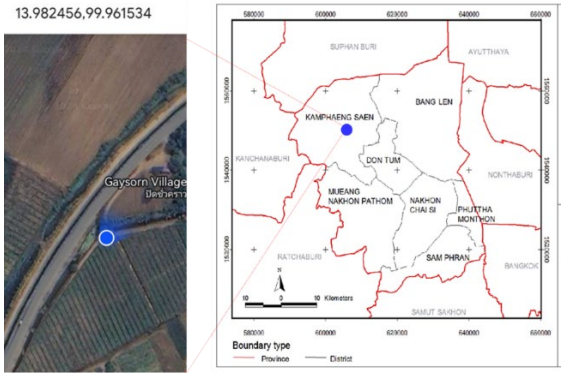


Fig. 1 The physical location of the research area

UAVs Thermal and RGB Imaging Systems

The study focuses on the key parameters of a UAV system designed for thermal and RGB image acquisition. It utilizes the Ag-UAVs vertical take-off and landing multirotor platform, specifically the DJI Matrice 300 RTK, which is equipped with a sophisticated thermal imaging camera system. This setup includes the DJI Zenmuse H20T thermal camera and the D-RTK High Precision GNSS Mobile Station, enhancing the accuracy

and effectiveness of the imaging process for agricultural applications as shown in Fig. 2(B). For this study, a DJI Matrice 300 RTK UAV equipped with a Zenmuse H20T payload was utilized to measure land surface temperature (LST) (Ahmad et al., 2024). The Zenmuse H20T integrates multiple camera types, including zoom, wide-angle, and thermal sensors, enabling detailed thermal imaging and environmental analysis. This combination of UAV and advanced payload allowed for precise temperature data collection across various areas of interest. The essential parameters of the UAV applied to cameras measure non-contact temperature variations within the 800–1400 nm wavelength range, facilitating tasks such as plant health assessment and irrigation optimization (Mwinuka et al., 2021; Reyes et al., 2024). Accurate thermal imaging requires consideration of factors distance, relative humidity, emissivity, reflected temperature, and ambient temperature (Yuan et al., 2021; Krause and Sanders, 2023). Proper calibration and adjustment of these parameters ensure reliable measurements, with cameras capable of operating in a wide temperature range from -40°C to 80°C (-40°F to 176°F) (Bertalan et al., 2022).

The experimental area is designed to assess how these environmental factors, including the wind generated by the Ag-UAV's wings, directly impact sweet corn pollination. Key tools utilized in this research include Testo 405i, a Bluetooth-enabled device for measuring wind speed and temperature, and portable equipment for sampling airborne particles and air quality as shown in Fig. 2

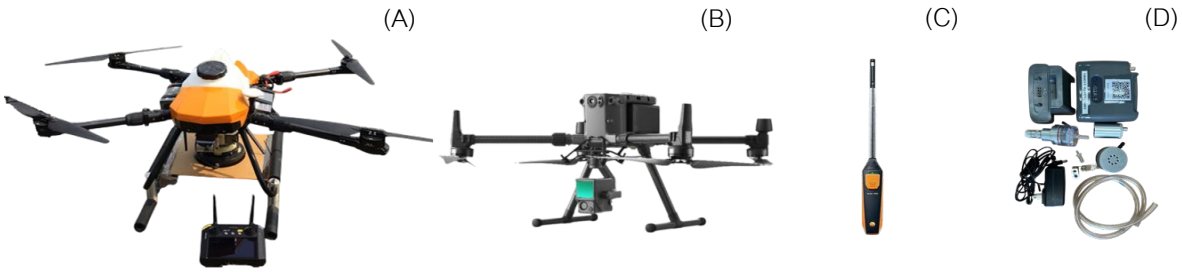


Fig. 2 Instruments for recording and collecting data: (A) Thermal and RGB Imaging Systems, DJI Matrice 300 RTK; Zenmuse H20T; (B) Ag-UAVs prototype 4-blade or propellers; (C) Instruments for collecting data on wind speed and temperature in the field (Testo 405i); (D) Portable personal air sampling pump

Data Collection

The dataset for this study serves as the foundation for calculating the unsteady airflow field generated by Ag-UAVs. In the numerical simulation model, the pressure outlet boundary was applied to the walls, while the upper surface of the computational domain and the lower surface were defined as non-slip walls. Data exchange between the static domain and the four rotational domains of the UAV propellers was facilitated through an interface boundary (Tang et al., 2021).

Experimental Design

The study focuses on the unsteady airflow field of Ag-UAVs using a control equation and numerical simulation model. The pressure outlet boundary is used as the wall (Li et al., 2010) and data is exchanged between the static domain and four rotation domains through the interface boundary (Tang et al., 2021). Sweet corn canopy plots are selected for collecting quantitative and qualitative data of male anthers and pollen. Field data collection includes measurements of canopy temperature and effects of downwash airflow produced by Ag-UAVs as shown in Fig. 3.

The selection and determination of test plots for collecting quantitative and qualitative data

The collection of quantitative and qualitative data of sweet corn male pollen in the experimental plots (experimental plot, total area 4,800 m^2 and use a distance between rows of 75 cm. and a distance between plants of 20–25 cm.), were performed with the study steps as shown in Fig. 3. The pollination process was categorized into two distinct stages.

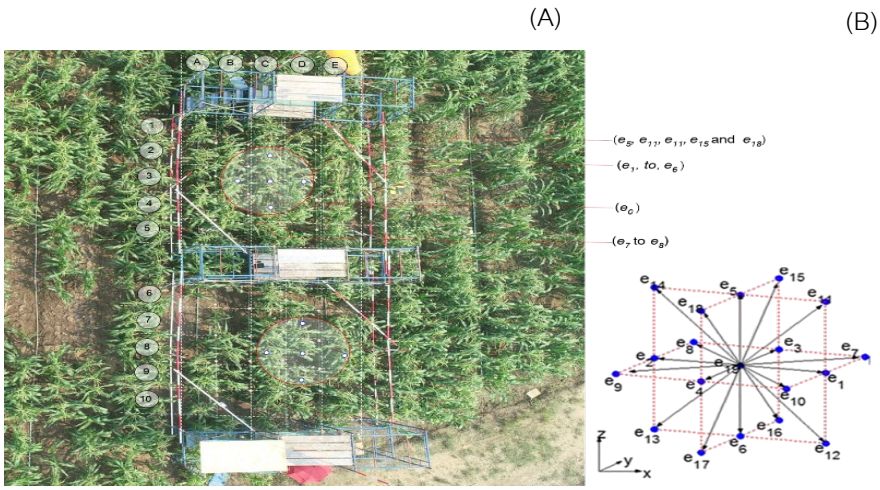


Fig. 3 Experimental design: (A) Study area Schematic indicating the field data collection within each sampling site including measurements of canopy temperature and effects of downwash airflow produced by Ag-UAVs (A) Schematic indicating the field data; (B) Lattice Boltzmann Method: LBMZ in XFlow simulation method (Chang et al., 2023)

Qualitative data collection on corn pollen suspended

In this study, data on pollination in corn fields were collected by observing and photographing the process in both male and female flowers. Female flowers, located at the tip of the corn cob and known as "silk" or "corn silk," serve as the style and stigma of the spikelet. Observations were conducted inside and outside the experimental fields, both before and after Ag-UAV_S test flights (2 hours after the flight ended). Male flowers typically bloom 1–3 days before the female flowers, with a blooming period lasting 2–14 days. Female flowers, developing on short branches at the nodes of the largest leaves, are initially enclosed in a husk that eventually gives way to silk as shown in Fig. 4.

Simulation techniques

The lattice Boltzmann method (LBM) and the XFlow simulation approach, are utilized to investigate spatial variations in the downwash airflow field over sweet corn canopies (Chang et al., 2023). These methods help evaluate how the airflow influences temperature distribution within the canopy as shown in Fig. 3. Observations revealed that the downwash airflow field in the sweet corn canopy remained stable, with minimal fluctuations in surface temperature (T_{sur_f}) or turbulence effects caused by Ag-UAVs. Consequently, additional validation measurements beyond the canopy temperatures of two test plots (as shown in Fig. 5) were deemed unnecessary. The canopy's surface temperature is closely linked to changes in air temperature (T_{air}), as increases in T_{air} proportionally raise T_{sur_f} while also altering net radiation within the canopy. This dynamic interaction impacts the overall thermal environment of the sweet corn. To address these variations, a method for correcting thermal imaging-based surface temperature measurements ($T_{sur\_f\_c}$) has been proposed, highlighting the importance of accounting for the interdependence of T_{air} and T_{sur_f} in evaluating Ag-UAVs impacts as in Equation 1 (Heinemann et al., 2020):

$$T_{sur\ f\_c} = T_{sur\ f} - T_{air} + T_{air\_mean,} \quad (1)$$

The corrected surface temperature, $T_{sur\_f\_c}$, is derived from thermal imaging data captured using a DJI Matrice 300 RTK drone equipped with a Zenmuse H20T camera. This correction adjusts T_{sur_f} to account for noise caused by variations in air temperature (T_{air}), which is represented as $<T_{air}>$, and its mean value, T_{air_mean}, measured in degrees Celsius. The adjustments consider data on wind speed and temperature recorded within the sweet corn canopy to mitigate the effects of turbulence generated by Ag-UAVs.

Results and Discussion

The results study the wind force distribution over a corn canopy during Ag-UAVs flights

The results of using a Matrix 300 equipped with a Zenmuse H20T thermal camera was employed to study the wind force distribution over a corn canopy during Ag-UAV flights. The evaluation focused on the effects of drone-generated wind at a height of 2 meters above the test plot. Temperature variations, captured by the thermal camera, along with wind speed measurements, revealed a cooling effect in areas directly beneath or near the drone. This downward airflow reduced moisture on the corn canopy, contributing to an increased rate of pollen panicle breakage. Additionally, the exposed soil in the test plot exhibited a noticeable temperature decrease, indicating a consistent pattern of wind force distribution across the ground, as shown in Figs. 5 and 6.

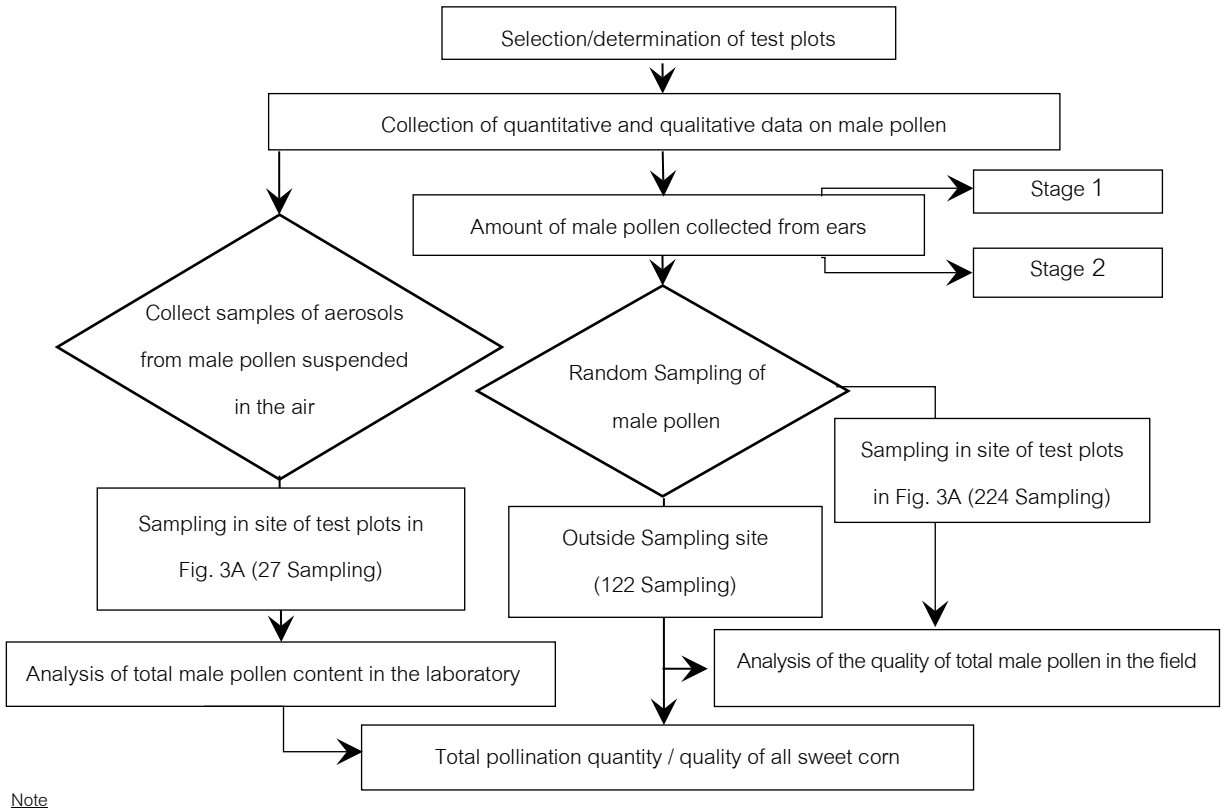


Fig. 4 Flowchart of research procedures, selection process, determination of corn plots, and quantitative and qualitative collection of total pollination of all corn

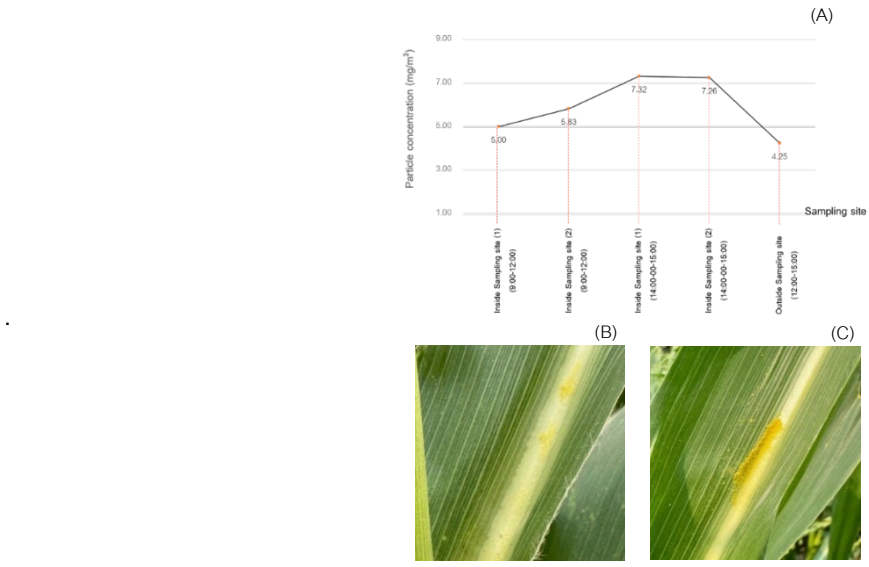


Fig. 5 Result of analysis qualitative data collection on corn pollen suspended: (A) result of the analysis of pollen particle concentration in the air; (B) Stamens falling on corn leaves recorded in test plots, where Ag-UAVs was not used; (C) Stamens falling on corn leaves recorded in test plots where Ag-UAV was used

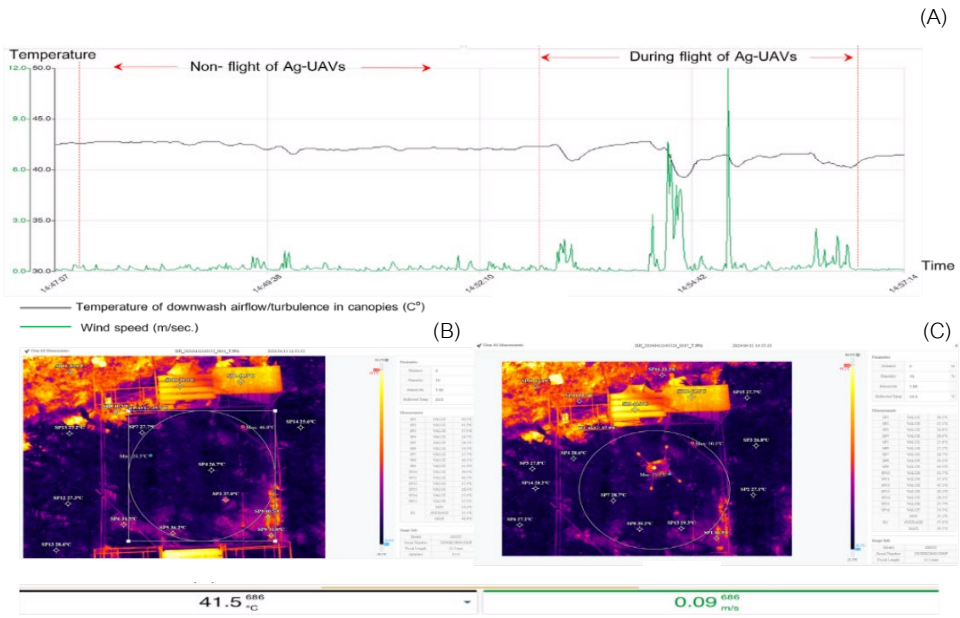


Fig. 6 The results study: the wind force distribution over a corn canopy during Ag-UAVs flights (A); the effects of Ag-UAVs-generated turbulence on sweet corn canopy where Ag-UAVs was not used (B); the effects of Ag-UAVs-generated turbulence on sweet corn canopy where Ag-UAVs was used (C)

Discussion

This study explores the role of Ag-UAVs equipped with thermal imaging cameras in enhancing artificial pollination efficiency in sweet corn Findings showed that pollen particle concentrations peaked within the experimental plot during midday hours, particularly between 14:40 and 15:00, while significantly lower levels were recorded outside the plot. These results indicate that UAV-induced airflow can effectively suspend and distribute pollen, offering a promising solution for improving pollination, especially under adverse environmental conditions.

Furthermore, the research demonstrated that UAV-generated airflow at an altitude of 2 meters produced a cooling effect on the corn canopy, reducing moisture levels and increasing pollen panicle breakage. Thermal imaging data also revealed a uniform wind force distribution, which contributed to temperature reductions in both the canopy and the exposed soil. These findings emphasize the critical role of optimizing UAV parameters, such as flight altitude and speed, to maximize pollination performance and resource efficiency in modern agricultural practices.

References

Ahmad, J., Sajjad, M., Eisma, J. 2024. Small unmanned aerial vehicle (UAV)-based detection of seasonal micro-urban heat islands for diverse land uses. Int. J. Remote Sens. 1–29.

Ashley, K. 2015. NIOSH manual of analytical methods 5th edition and harmonization of occupational exposure monitoring. Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft= Air quality control/Herausgeber, BIA und KRdL im VDI und DIN.

Bertalan, L., Holb, I., Pataki, A., Négyesi, G., Szabó, G., Szalóki, A. K., Szabó, S. 2022. UAV-based multispectral and thermal cameras to predict soil water content–A machine learning approach. Comput. Electron. Agric. 200: 107262.

Chang, K., Chen, S., Wang, M., Xue, X., Lan, Y. 2023. Numerical simulation and verification of rotor downwash flow field of plant protection UAV at different rotor speeds. Front. Plant Sci. 13: 1087636.

Chen, A., Jiang, J., Luo, Y., Zhang, G., Hu, B., Wang, X., Zhang, S. 2023a. Temperature vegetation dryness index (TVDI) for drought monitoring in the Guangdong Province from 2000 to 2019. Peer J. 11: 16337.

Chen, B., Huang, G., Lu, X., et al. 2023b. Prediction of vertical distribution of SPAD values within maize canopy based on unmanned aerial vehicles multispectral imagery. Front. Plant Sci. 14: 1253536.

Heinemann, S., Siegmann, B., Thonfeld, F., et al. 2020. Land surface temperature retrieval for agricultural areas using a novel UAV platform equipped with a thermal infrared and multispectral sensor. Remote Sens. 12: 1075.

Krause, S., Sanders, T.G. 2023. Mapping tree water deficit with UAV thermal imaging and meteorological data. Remote Sens. Earth Syst. Sci. 6: 275–296.

Landoni, M., Sangiorgio, S., Ghidoli, M., Cassani, E., Pilu, R. 2024. Study of pollen traits, production, and artificial pollination methods in *Zea mays* L. Agriculture 14: 1791.

Li, H., Li, C., Lin, Y., Lei, Y. 2010. Surface temperature correction in TVDI to evaluate soil moisture over a large area. J. Agric. Food Environ. 8: 1141–1145.

Mwinuka, P.R., Mbilinyi, B.P., Mbungu, W.B., Mourice, S.K., Mahoo, H. F., Schmitter, P. 2021. The feasibility of hand-held thermal and UAV-based multispectral imaging for canopy water status assessment and yield prediction of irrigated African eggplant (*Solanum aethopicum* L). Agric. Water Manag. 245: 106584.

Reyes, J., Wiedemann, W., Brand, A., Franke, J., Ließ, M. 2024. Predictive monitoring of soil organic carbon using multispectral UAV imagery: A case study on a long-term experimental field. Spat. Inf. Res. 1–14.

Sagan, V., Maimaitijiang, M., Sidike, P., et al. 2019. UAV-based high resolution thermal imaging for vegetation monitoring, and plant phenotyping using ICI 8640 P, FLIR Vue Pro R 640, and thermomap cameras. Remote Sens.11: 330.

Tang, Z., Parajuli, A., Chen, C.J., et al. 2021. Validation of UAV-based alfalfa biomass predictability using photogrammetry with fully automatic plot segmentation. Sci. Rep. 11: 3336.

Wen, S., Han, J., Ning, Z., Lan, Y., Yin, X., Zhang, J., Ge, Y. 2019. Numerical analysis and validation of spray distributions disturbed by quad-rotor drone wake at different flight speeds. Comput. Electron. Agric. 166: 105036.

Yuan, G., Wang, Y., Zhao, F., et al. 2021. Accuracy assessment and scale effect investigation of UAV thermography for underground coal fire surface temperature monitoring. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 102: 102426.

Zhang, L., Niu, Y., Zhang, H., Han, W., Li, G., Tang, J., Peng, X. 2019. Maize canopy temperature extracted from UAV thermal and RGB imagery and its application in water stress monitoring. Front. Plant Sci. 10: 1270.

Zhang, S., Cai, C., Li, J., Sun, T., Liu, X., Tian, Y., Xue, X. 2021. The airflow field characteristics of the unmanned agricultural aerial system on oilseed rape (*Brassica napus*) canopy for supplementary pollination. Agronomy 11: 2035.

การวิเคราะห์ต้นทุนการปลูกต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังในแปลงทดลองเพื่อการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย

Cost evaluation of transplanting tissue-cultured cassava resistant to cassava mosaic disease into experimental fields for cassava breeding program in Thailand

ชลันธร แก้วงาม, วรรณสิริ วรรณรัตน์*, เฉลิมพล ภูมิไชย์, ภัศจี คงศีล, อนิศรา วงศ์คำ, สาวิตรี พัฒบุบผา

Chalanton Kaewngam, Wannasiri Wannarat*, Chalermpol Phumichai, Pasajee Kongsil, Anissara Wongkam, Sawitree Patbubpa

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

*Corresponding author. E-mail address: wannasiri.w@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินต้นทุนของการปลูกต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังลูกผสมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังในแปลงทดสอบ โดยพิจารณาจากปัจจัยการผลิตที่ใช้ใน 3 ขั้นตอน คือ การเตรียมแปลง การย้ายปลูกต้นกล้า และการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ต้นทุนการปลูกต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลัง จำนวน 1,000 ต้น คิดเป็น 23,791.92 บาท หรือ 23.79 บาทต่อต้น แบ่งเป็น ค่าใช้จ่ายในการเตรียมแปลงปลูก 4.47 บาทต่อต้น ค่าใช้จ่ายในการย้ายปลูกต้นเนื้อเยื่อในแปลง 14.89 บาทต่อต้น และค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว 4.43 บาทต่อต้น โดยค่าแรงงานเป็นค่าใช้จ่ายหลักจากต้นทุนทั้งหมด เนื่องจากต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังแข็งแรง และมีการดูแลแปลงที่ดี ทำให้มีอัตรารอดชีวิตสูงถึง 95–100%

คำสำคัญ: การปลูกมันสำปะหลัง, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, การวิเคราะห์ต้นทุน, ความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง

Abstract

This study aimed to evaluate the cost of planting hybrid cassava tissue-cultured seedlings resistant to cassava mosaic disease in experimental fields. The cost assessment considered three production stages: field preparation, seedling transplanting, and harvesting. The results showed that the total cost for planting 1,000 tissue-cultured cassava seedling amounted to 23,791.92 THB, or 23.79 THB per seedling. The cost of field preparation, transplanting tissue-cultured seedlings and harvesting were 4.47 THB per seedling, 14.89 THB per seedling, and 4.43 THB per seedling, respectively. Labor costs were identified as the primary expense in the total production cost. Due to the strength of the tissue-cultured cassava seedling and efficient field management, the survival rate was as high as 95–100%.

Keywords: Cassava mosaic disease resistance, Cassava planting, Cost- analysis, Plant tissue culture

คำนำ

การแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังในประเทศไทยเกิดจากเชื้อสาเหตุที่ก่อโรค คือ *Sri Lankan cassava mosaic virus* โดยมีแมลงหวี่ขาวเป็นแมลงพาหะและท่อนพันธุ์ติดเชื้อไวรัสทำหน้าที่เป็นตัวกระจายโรคในพื้นที่เพาะปลูก (วันวิสา และคณะ, 2563) โรคใบด่างมันสำปะหลังทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังของไทยลดลง การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ต้านทานโรคใบด่างเพื่อทดแทนพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรค เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการตัดวงจรการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน (Legg and Siriwan, 2018) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญสำหรับการขยายพันธุ์พืชปลอดโรค (Haapala, 2004) และเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มจำนวนต้นมันสำปะหลังที่ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง โดยสามารถเพิ่มจำนวนยอดปลอดเชื้อได้ถึง 3.6 เท่า และเมื่อนำต้นเนื้อเยื่อมันสำปะหลังที่ได้ไปออกปลูกและปรับสภาพในโรงเรือน พบว่า มีอัตราการรอดชีวิตสูงถึง 98–100% และไม่พบความแปรผันในลักษณะทางสัณฐานวิทยาและข้อมูลทางพันธุกรรมของต้นกล้าเนื้อเยื่อที่ได้ (Sessou et al., 2020) อย่างไรก็ตาม การขยายพันธุ์ต้นพืชด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าการขยายพันธุ์พืชด้วยเมล็ดหรือส่วนของลำต้น เช่น การปักชำ โดยต้นทุนส่วนใหญ่มาจากค่าแรงงานสำหรับการถ่ายเนื้อเยื่อปลอดเชื้อ และ ค่าไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟ และหม้อนึ่งความดันไอน้ำ เป็นต้น (Chen, 2016) ทำให้ต้นกล้าเนื้อเยื่อมีราคาสูงกว่าต้นกล้าจากการขยายพันธุ์ด้วยลำต้น ดังนั้นการขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจึงไม่เป็นที่นิยมสำหรับการปลูกพืชไร่ระดับอุตสาหกรรม อย่างไรก็ดีในประเทศไทยยังไม่มีเชื้อพันธุกรรมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง ทำให้ต้องนำต้นเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างมาจากต่างประเทศในรูปต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในหลอดทดลอง โดยในปี พ.ศ. 2564 โครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้นำเข้าต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชลูกผสมมันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง จำนวน 32 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 5–10 ต้น จากศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ ประเทศโคลัมเบีย เพื่อสร้างพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังลูกผสมของไทย โดยเพิ่มจำนวนต้นมันสำปะหลังที่นำเข้าด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช และต่อมา ในปี พ.ศ. 2565 มีการย้ายปลูกต้นกล้าเนื้อเยื่อมันสำปะหลังในแปลงทดลองของสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา เพื่อผลิตเป็นท่อนพันธุ์ในแปลงผสมเกสรในฤดูกาลถัดไป เนื่องจากเป็นครั้งแรกที่มีการปลูกต้นเนื้อเยื่อมันสำปะหลังเชื้อพันธุกรรมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังในประเทศไทยเป็นแปลงขนาดใหญ่ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ คือ การคำนวณต้นทุนการปลูกจนเก็บเกี่ยวผลผลิตของต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างในแปลงทดสอบ และการประเมินความคุ้มค่าของการนำเข้าเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังจากอัตรารอดชีวิตและการให้ผลผลิตของต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังที่ปลูกในแปลงทดสอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวิเคราะห์ต้นทุนของการปลูกต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังลูกผสมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังในแปลงทดสอบ

การคำนวณต้นทุนของการปลูกต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังที่มาจากต้นมันสำปะหลังลูกผสมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง จำนวน 32 สายพันธุ์ รวมทั้งสิ้น 6,438 ต้น ที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ต.ห้วยบง อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม–สิงหาคม 2566 พรวนดิน ยกร่องโดยมีระยะปลูก 1 × 1 เมตร ฉีดยาคุมวัชพืชก่อนปลูก วางระบบน้ำหยด ให้น้ำ 1 เดือนหลังปลูก ทุกวัน วันละ 3 ชั่วโมง เมื่อต้นกล้าอายุหลังปลูกประมาณ

1 เดือน ให้ปุ๋ยทางรากสูตร 15-7-18 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และกำจัดวัชพืชในแปลงด้วยการฉีดพ่นสารเคมีจนกว่าใบมันสำปะหลังจะปกคลุมแปลง วิเคราะห์ต้นทุนจากปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการปลูกต้นเนื้อเยื่อมันสำปะหลัง การจัดการดูแลแปลง และการเก็บเกี่ยวผลผลิต ต่อการปลูกต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังลูกผสมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง จำนวน 1,000 ต้น ดังนี้

1. ค่าเช่าสถานที่ ซึ่งรวมค่าเตรียมแปลง ไถพรวน ยกร่องปลูก คำนวณจาก Equation 1:

$$L_{fee} = L_{rent} \times T_{area} \quad (1)$$

Land rental fee: L_{fee}; Land rental fee per rai: L_{rent}; Total planted area (rai): T_{area}

2. ค่าปุ๋ยและค่าสารเคมีที่ใช้กำจัดศัตรูพืชและวัชพืช คำนวณจาก Equations 2 and 3:

$$C_{fertilizer} = P_{fertilizer} \times T_{area} \quad (2)$$

Cost of fertilizer used: $C_{fertilizer}$; Fertilizer price per rai: $P_{fertilizer}$; Total planted area (rai): T_{area}

$$C_{chem} = P_{vol} \times T_{area} \quad (3)$$

Cost of chemicals used: C_{chem}; Selling price per volume used per rai: P_{vol}; Total planted area (rai): T_{area}

3. แรงงานที่ใช้ในการปลูกต้นมันสำปะหลังจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบ่งได้ 3 ประเภท คือ ผู้จัดการแปลงที่ควบคุมการทำงาน แรงงานที่มีทักษะ และแรงงานที่ไม่ต้องมีทักษะ ซึ่งใช้ในการปฏิบัติงาน ได้แก่ การเตรียมต้นกล้า การขนย้ายต้นกล้าไปยังแปลง การย้ายปลูกในแปลง การวางระบบน้ำหยด การใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช และการเก็บเกี่ยวผลผลิต ค่าแรงงานที่ใช้คำนวณจาก Equations 4–6:

$$C_{man} = E_1 \times W_{day} \times N_{man} \quad (4)$$

Manager costs: C_{man}; One-day salary for a manager: E_1; Working day: W_{day}; Number of manager: N_{man}

$$C_{labor} = E_2 \times W_{day} \times N_{labor} \quad (5)$$

Skilled Labor costs: C_{labor}; One-day salary for direct labor: E_2; Working day: W_{day}; Number skilled labor: N_{labor}

$$C_{unskill} = E_3 \times W_{day} \times N_{un} \quad (6)$$

Unskilled labor costs: $C_{unskill}$: One-day salary for unskilled labor: E_3; Working day: W_{day}; Number of unskilled laborers: N_{un}

4. ค่าวัสดุเกษตรสำหรับการย้ายปลูก คำนวณจากสมการ Equation 7:

$$C_{mat} = P_{agri} \times T_{area} \quad (7)$$

Cost of agricultural materials used: C_{mat}; Price of agricultural materials per rai: P_{agri}; Total planted area (rai): T_{area}

5. ค่าระบบน้ำหยด คำนวณจาก Equation 8:

$$C_{drip} = C_{tape} \times T_{area} + \{(V_{1st} \div N_{used}) \times T_{area}\} \quad (8)$$

Drip irrigation system cost: C_{drip}; Drip tape cost per rai: C_{tape}; Total planted area (Rai): T_{area}; Value of the water pipe system and water pump per rai invested in the first year: V_{1st}; Number of years of use of the water pipe system and water pump: N_{used}

6. ค่าขนส่งต้นกล้า คำนวณจาก Equation 9:

$$C_{trans} = C_{vehicle} \times N_{day} \quad (9)$$

Seedling transportation cost: C_{trans}; Cost of vehicle rental for transporting seedlings per day: $C_{vehicle}$; Number of days of vehicle rental: N_{day}

2. การประเมินความคุ้มค่าของการนำเข้าเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างจากอัตรารอดชีวิตและการให้ผลผลิตของต้นกล้าจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังเชื้อพันธุกรรมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังที่ปลูกในแปลงทดสอบ

ต้นกล้ามันสำปะหลังลูกผสมพันธุ์ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มาจากโครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่นำเข้าจากศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ ประเทศโคลัมเบีย เพื่อเป็นเชื้อพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ ในเดือน พฤษภาคม 2565 นำต้นกล้ามันสำปะหลังจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุ 1 เดือนหลังอนุบาลในโรงเรือน มาย้ายปลูกในแปลงทดสอบที่ สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ต.ห้วยบง อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา โดยปลูกต้นกล้ามันสำปะหลังลูกผสมจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จำนวน 12 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับการปลูกท่อนพันธุ์มันสำปะหลังห้วยบง 90 (HB 90) แผนการทดลองเป็นแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ ปลูกซ้ำละ 20 ต้น จำนวน 3 ซ้ำ ระยะปลูก 1× 1 เมตร ต้นกล้ามันสำปะหลังลูกผสมจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและท่อนพันธุ์ได้รับน้ำหยดเป็นเวลา 1 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-7-18 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 1–2 เดือนหลังปลูก กำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม ประเมินอัตราการรอดชีวิตของต้นกล้าจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและท่อนพันธุ์ที่อายุ 5 เดือนหลังปลูก ประเมินการออกดอกของต้นมันสำปะหลังลูกผสมจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ CR13-8 และ CR52A-4 ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก โดยสุ่มจำนวน 5 ต้นจาก 20 ต้นต่อซ้ำ ทั้งหมด 3 ซ้ำ บันทึกความสูงต้น ความสูงของกิ่งฉัตรที่ 1 จำนวนช่อดอก จำนวนดอกตัวผู้ และจำนวนดอกตัวเมีย ประเมินการให้ผลผลิตของต้นมันสำปะหลัง

ลูกผสมจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อทั้ง 12 สายพันธุ์และพันธุ์เปรียบเทียบ ที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก โดยเก็บข้อมูลทุกต้นในแต่ละซ้ำ ทั้งหมด 3 ซ้ำ บันทึกจำนวนหัวสดต่อต้น น้ำหนักหัวสดต้นต่อต้น ดัชนีการเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์แป้ง และความสูงต้น เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ปลูกคือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงปี พ.ศ. 2565–2566 ใช้โปรแกรม RStudio Version 2024.09.1 + 394 เรียกใช้ Package 'agricolae' ของ De Mendiburu (2023) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีการของ Least Significant Difference (LSD)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ต้นทุนของการปลูกต้นมันสำปะหลังเชื้อพันธุกรรมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในแปลงทดสอบต่อการผลิต 1,000 ต้น ที่แสดงใน Table 1 แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกคือ การเตรียมแปลงก่อนปลูกพืช โดยค่าเช่าสถานที่รวมค่าเตรียมแปลง สารเคมีที่ใช้กำจัดวัชพืชและค่าแรงงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ต้นทุนคิดเป็นเงิน 4,470.83 บาท ซึ่งคิดเป็น 18.79% จากค่าใช้จ่ายทั้งหมด ขั้นตอนที่สองคือ การย้ายปลูกต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังและการดูแลจัดการแปลง ในส่วนนี้ต้นทุนพิจารณาจากค่าขนส่งต้นกล้า ค่าแรงในการติดตั้งระบบน้ำหยด การเตรียมต้นกล้าก่อนย้ายปลูก การขุดหลุม การปลูกต้นกล้า การให้ปุ๋ย และการกำจัดวัชพืช โดยรวมถึงค่าปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในการดูแลแปลง ต้นทุนทั้งหมดคิดเป็นเงิน 14,889.84 บาท ซึ่งคิดเป็น 62.58% จากค่าใช้จ่ายทั้งหมด และขั้นตอนที่สามคือ ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต มีค่าแรงในการขุดเก็บเกี่ยวผลผลิตและบันทึกข้อมูลในแปลงทดสอบ ต้นทุนทั้งหมดคิดเป็นเงิน 4,431.25 บาท ซึ่งคิดเป็น 18.63% จากค่าใช้จ่ายทั้งหมด เมื่อรวมต้นทุนตั้งแต่การย้ายปลูกในแปลงทดสอบจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดคิดเป็น 23,791.92 บาทต่อการผลิต 1,000 ต้น เมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อต้น ได้เป็นต้นละ 23.79 บาท วิธีลดต้นทุนในกระบวนการปลูกต้นเนื้อเยื่อมันสำปะหลังสามารถทำได้ เช่น การใช้ท่อพลาสติก PVC แทนท่อพลาสติก PE ในระบบท่อส่งน้ำ (Chen, 2016) รวมไปถึงการให้น้ำหยดแก่ต้นกล้าในแปลงหลังปลูก ซึ่งวิธีนี้เพิ่มอัตราการรอดชีวิตหลังการย้ายปลูกได้ (Pożoga et al., 2019) จากผลการวิจัยนี้พบว่าค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงการย้ายปลูกต้นกล้า เนื่องจากต้องจ้างแรงงานจำนวนมากเพื่อช่วยในการย้ายปลูก รวมถึงค่าใช้จ่ายในการดูแลและจัดการแปลงหลังการย้ายปลูก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mazri et al. (2021) ที่ระบุว่าการย้ายปลูกต้นพืชจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้องใช้ความระมัดระวังสูง ส่งผลให้ต้นทุนค่าแรงงานในกระบวนการนี้ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามหากสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตต้นมันสำปะหลังด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้ได้ต้นกล้าที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและมีความแข็งแรงมาก จะช่วยลดต้นทุนและสามารถนำต้นกล้าไปใช้ในการปลูกเชิงพาณิชย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kour et al., 2009)

Table 1 Costs for planting 1,000 CMD- resistant tissue culture derived cassava seedlings in the fields

Operational	cost	Cost (THB)	Percentage
1. Land preparation			
	Land rental fee + Land preparation	3,750.00	15.76
	Herbicides	164.58	0.69
	Manager	306.25	1.29
	Non-skilled Labor for weed control	250.00	1.05
	Total cost including	4,470.83	18.79

Table 1 Costs for planting 1,000 CMD- resistant tissue culture derived cassava seedlings in the fields (Continued)

Operational	cost	Cost (THB)	Percentage
2. Transplantation			
	Drip irrigation equipment	5,312.50	22.33
	Drip irrigation system installation	250.00	1.05
	Skilled labor for irrigation system inspection	1,050.00	4.41
	Planting tools	1,332.50	5.60
	Transportation	375.00	1.58
	Herbicides	338.59	1.42
	Fertilizers	1,175.00	4.94
	Manager	306.25	1.29
	Skilled labor for transplant preparation	562.50	2.36
	Non- skilled Labor for planting, fertilization, and weed control	4,187.50	17.60
	Total cost including	14,889.84	62.58
3. Harvesting			
	Manager	306.25	1.29
	Skilled labor for harvesting	562.50	2.36
	Non skilled labor for harvesting	3,562.50	14.97
	Total cost including	4,431.25	18.63
	Total cost required for land preparation, seedlings transplantation and harvesting for 1,000 seedlings	23,791.92	100%
	Cost of planting single seedling	23.79	

จากการประเมินอัตราการรอดชีวิตของต้นมันสำปะหลังจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในแปลงทดสอบเมื่ออายุ 5 เดือน หลังปลูก (Table 2) พบว่า อัตราการรอดชีวิตของต้นมันสำปะหลังจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออยู่ในช่วง 95.00% ถึง 100.00% เทียบเท่ากับการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ HB 90 ที่มีอัตราการรอดชีวิต 100% แสดงให้เห็นว่าต้นกล้ามันสำปะหลังจากกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในโครงการปรับปรุงพันธุ์มีความแข็งแรงสูง โดยมีปัจจัยส่งเสริมการรอดชีวิตคือ การจัดการย้ายปลูกและดูแลแปลงที่มีประสิทธิภาพ (Tokunaga et al., 2019) การย้ายปลูกในเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่แปลงทดลอง ช่วยลดความเครียดของต้นกล้าในระหว่างการปรับตัว ทำให้ต้นกล้ามีอัตราการรอดชีวิตสูงและเจริญเติบโตได้ดี (Fig. 1) จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตของมันสำปะหลังลูกผสมที่ปลูกทดสอบเมื่ออายุ 12 เดือน (Fig. 2) พบว่า ต้นมันสำปะหลังที่มาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อทุกสายพันธุ์สามารถสร้างหัวให้ผลผลิตได้ แต่ให้จำนวนผลผลิตหัวสดต่อต้น น้ำหนักผลผลิตหัวสดต่อต้น ความสูงต้นระยะเก็บเกี่ยว ดัชนีการเก็บเกี่ยว และเปอร์เซ็นต์แป้ง ต่ำกว่าต้นมันสำปะหลังพันธุ์การค้า HB 90 ที่ปลูกเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลัง พบว่า สายพันธุ์ CR13-8 และ CR52A-4 ซึ่งเป็นสองสายพันธุ์ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังที่มีรายงานจากการปลูกทดสอบในต่างประเทศว่าให้ผลผลิตดี มีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว 0.56 และ 0.65 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังพันธุ์เปรียบเทียบ HB 90 คือ 0.64 ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาการออกดอกของต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลัง สายพันธุ์ CR13-8 และ CR52A-4 ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะการเจริญลำต้นที่มีการแตกกิ่งฉัตรและพัฒนาช่อดอก เนื่องด้วยแปลงปลูกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสม (Halsey et al., 2008) พบว่า มันสำปะหลังลูกผสมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังที่นำเข้ามาจากประเทศโคลัมเบียทั้งสองสายพันธุ์ออกดอกได้ดี โดยมันสำปะหลังสายพันธุ์ CR13-8 มีการสร้างช่อดอกและจำนวน

ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียน้อยกว่า มันสำปะหลังสายพันธุ์ CR52A-4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) เนื่องจากสายพันธุ์มีผลต่อการออกดอกและการสร้างจำนวนดอก (Souza et al., 2020) ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ HB 90 ไม่ออกดอก เนื่องจากผ่านการปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะต้นตรงและไม่แตกกิ่ง (สายฝน และคณะ, 2561) ลักษณะทางการเกษตรของต้นมันสำปะหลังลูกผสมจากวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ปลูกในแปลงทดสอบต่ำกว่าพันธุ์ HB 90 เนื่องจากการทดลองปลูกในปีแรกอาจได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนในการปรับตัวของต้นกล้าให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย (พีรวิชญ์ และคณะ, 2561) จึงควรมีการทดลองปลูกมันสำปะหลังลูกผสมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังด้วยท่อนพันธุ์จากลำต้นในปีที่สองเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลทางเกษตรที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสามารถนำมาใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มความสามารถของการขยายพันธุ์ลูกผสมที่มีศักยภาพแต่มีจำนวนน้อยให้มีจำนวนต้นมากขึ้นได้ โดยต้นกล้ามันสำปะหลังที่ได้จากเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนี้ที่มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรม แข็งแรงและปราศจากโรค (Mafla et al., 2010; Sessou et al, 2020) จึงถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตท่อนพันธุ์เพื่อเป็นแม่พันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง อย่างไรก็ตามทั้งนี้การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ควรพิจารณาความพร้อมด้านทรัพยากรและบุคลากร รวมถึงการบริหารจัดการโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ด้วย เพื่อเพิ่มศักยภาพสูงสุดในการผลิตให้คุ้มทุน (Wannemuehler et al., 2020)

Table 2 Evaluation of the survival rate and yield performance of CMD- resistant tissue-cultured cassava hybrids grown in experimental fields

Treatment	Survival rate after planting for five months	Twelve months after planting				
		Root number per plant	Fresh root weight (kg/ plant)	Starch content (%)	Harvest index	Plant height (cm)
AR11-12	100.00^{a}	4.89^{e}	0.85^{cde}	24.17^{a}	0.44^{cd}	201.67^{d}
AR14-3	100.00^{a}	4.87^{e}	0.55^{e}	19.99^{bc}	0.29^{e}	268.33^{b}
AR23-1	100.00^{a}	5.73^{de}	0.67^{de}	14.34^{d}	0.40^{d}	175.00^{f}
AR37-103	95.25^{b}	5.42^{de}	0.79^{cde}	18.24^{c}	0.47^{bcd}	190.00^{e}
AR37-38	97.62^{b}	5.59^{de}	0.88^{cde}	20.63^{b}	0.55^{abc}	156.67^{g}
AR40-19	100.00^{a}	5.12^{de}	1.03^{cde}	18.83^{bc}	0.46^{bcd}	195.00^{de}
AR42-4	100.00^{a}	5.72^{de}	1.63^{bcd}	19.18^{bc}	0.54^{abc}	145.00^{h}
CR100-9	97.33^{b}	9.03^{b}	1.27^{cde}	11.50^{e}	0.38^{de}	218.33^{c}
CR13-8	100.00^{a}	6.96^{cd}	1.73^{bc}	19.67^{bc}	0.56^{ab}	225.00^{c}
CR24-3	100.00^{a}	5.95^{de}	1.55^{bcd}	19.77^{bc}	0.54^{abc}	151.67^{gh}
CR52A-4	100.00^{a}	8.14^{bc}	2.25^{b}	19.80^{bc}	0.65^{a}	155.00^{g}
CR60B-10	100.00^{a}	6.17^{de}	1.35^{bcde}	20.10^{bc}	0.60^{a}	195.00^{de}
HB 90	100.00^{a}	17.48^{a}	8.65^{a}	24.23^{a}	0.64^{a}	348.33^{a}
C.V.%	1.43	15.97	32.14	7.27	12.23	2.66
F-Test	***	***	***	***	***	***

***Means in the same column followed by different superscripts are significantly difference ($p < 0.001$)

Table 3 Assessment of flowering in CMD- resistant tissue culture derived cassava after 6 months of planting in the fields

Treatment	Total number of cassava inflorescences per plant	Total number of male flowers per plant	Total number of female flowers per plant	Plant height (cm)	The height of the 1st branch (cm)
CR13-18	8.73[b]	194.26[b]	23.00[b]	203.00[a]	164.33[a]
CR52A-4	21.61[a]	755.66[a]	49.80[a]	157.40[b]	67.66[b]
HB 90	0.00[c]	0.00[c]	0.00[c]	194.35[a]	0.00[c]
C.V. %	13.14	9.90	8.59	6.42	4.54
F-Test	***	***	***	***	***

***Means in the same column followed by different superscripts are significantly difference ($p < 0.001$)

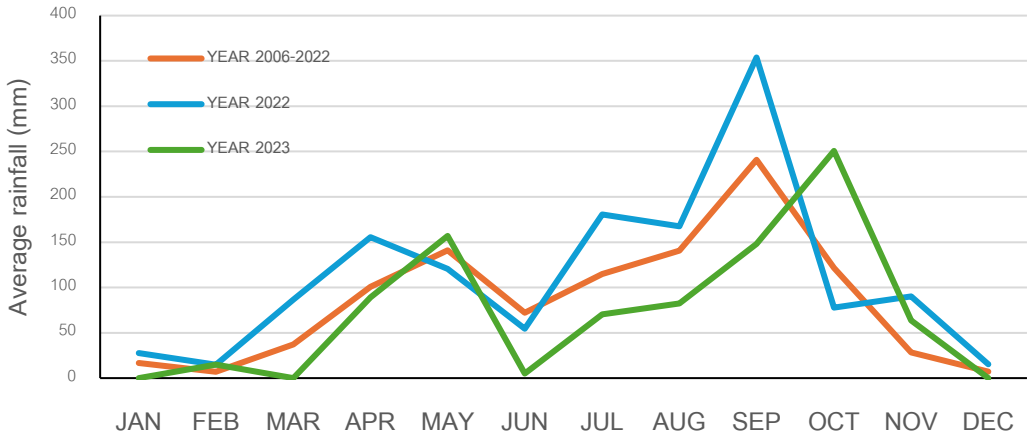


Fig. 1 Average rainfall (mm) for the Tapioca Development Institute, 2006–2023

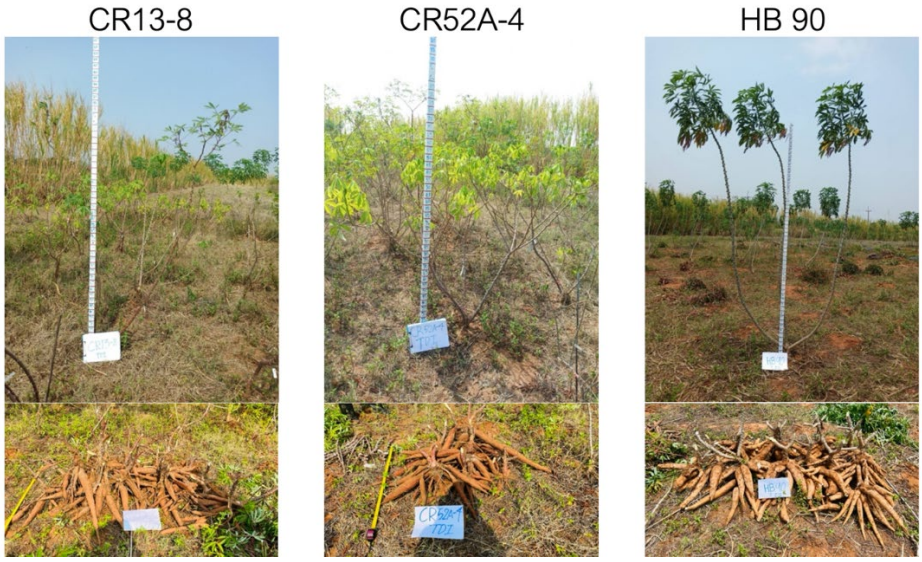


Fig. 2 Plant type and root formation of two CMD resistant hybrid cassavas (CR13-8 and CR52A-4) at 12 months after planting compared to commercial Thai cassava variety (HB 90)

สรุป

ต้นทุนการปลูกต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันสำปะหลังต่อการปลูกในแปลงจำนวน 1,000 ต้น คิดเป็นต้นละ 23.79 บาท โดยต้นทุนสูงสุดอยู่ที่ค่าแรงงาน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนหลักของค่าใช้จ่ายทั้งหมด จากงานวิจัยครั้งนี้ พบว่า ต้นกล้ามันสำปะหลังจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีอัตราการรอดชีวิตในแปลงทดสอบมากกว่า 95% จนถึง 100% สาเหตุเนื่องจากต้นมันสำปะหลังลูกผสมต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังที่ได้จากวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในโครงการปรับปรุงพันธุ์ฯ มีความแข็งแรงสูง และมีกระบวนการย้ายปลูกในแปลงและวิธีจัดการดูแลแปลงหลังย้ายปลูกที่มีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ต้นทุนในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนการบริหารทรัพยากรในโครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในกระบวนการขยายต้นพันธุ์ที่ใช้ในโครงการฯ อย่างยั่งยืนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัยและสนับสนุนเงินทุนสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

พีรวิชญ์ พันธ์กลาง, เฉลิมพล ภูมิไชย์, พรศักดิ์ เอี่ยมนาคะ, วิจารณ์ วิชชุกิจ. 2561. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์โดยวิธีปกติและจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. ใน: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 56. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 229–236.

วันวิสา ศิริวรรณ, นวลนภา เหมเนียม, จุฑาทิพย์ ถวิลอาพันธ, สุกัญญา ฤกษ์วรรณ, กิ่งกาญจน์ เสาร์คำ, ศิริกาญจน์ หรรษาวัฒนกุล, ปภาวี พลีพรหม, เฉลิมพล ภูมิไชย์. 2563. การศึกษาอัตราการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังในท่อนพันธุ์สะอาด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 51: 181–191.

สายฝน ศรีสุธา, เฉลิมพล ภูมิไชย์, วิจารณ์ วิชชุกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์ พิเชษฐ์, สุภาวดี บุญมา. 2561. อิทธิพลของพันธุ์และแหล่งที่มาของท่อนพันธุ์ต่อการแตกกิ่งของมันสำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 49: 251–264.

Chen, C. 2016. Cost analysis of plant micropropagation of *Phalaenopsis*. PCTOC. 126: 167–175. doi.org/10.1007/s11240-016-0987-4

De Mendiburu, F. 2023. Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-7, 155. https://CRAN.R-project.org/package=agricolae, 21 November 2024.

Haapala, T. 2004. Establishment and use of juvenility for plant propagation in sterile and non-sterile conditions. Ph.D. thesis, Department of Applied Biology, University of Helsinki, Finland.

Halsey, M.E., Olsen, K.M., Taylor, N.J., Chavarriaga-Aguirre, P. 2008. Reproductive biology of cassava (*Manihot esculenta* (L.) Crantz) and isolation of experimental field trials. J CROP SCI. 48: 49–58. doi.org/10.2135/cropsci2007.05.0279

Kour, K., Bakshi, P., Singh, S.K., Kher, R. 2009. Economics of *in vitro* and *ex vitro* grown plantlets of *Citrus jambhiri*. Indian J. Hort. 66: 306–309.

Legg, J.P., Siriwan, W. 2018. Visit to South-East Asia to assess the threat posed by cassava mosaic disease and propose control measures Report: IITA-Tanzania. doi.org/10.13140/RG.2.2.26716.49281

Mafla, G., Roa, J.C., Aranzales, E., Debouck, D.G. 2010. Handbook of Procedures for *in Vitro* Germplasm Conservation of the Genus Manihot. Genetic Resources Program. CIAT, Colombia.

Mazri, M.A., Meziani, R., El Bakouri, Z. 2021. Cost analysis of date palm (cv. Mejhoul) plantlets produced by organogenesis in Morocco. PCTOC. 146: 409–415. doi.org/10.1007/s11240-021-02066-7

Pożoga, M., Olewnicki, D., Jabłońska, L. 2019. *In Vitro* propagation protocols and variable cost comparison in commercial production for *Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortune* hybrid as a renewable energy source. Appl. Sci. 9. doi.org/10.3390/app9112272

Sessou, A.F., Kahia, J.W., Houngue, J.A., Ateka, E.M., Dadjo, C., Ahanhanzo, C. 2020. In vitro propagation of three mosaic disease resistant cassava cultivars. BMC Biotechnology. 20. doi.org/10.1186/s12896-020-00645-8

Silva Souza, L., Cunha Alves, A.A., Oliveira, E.J. 2020. Phenological diversity of flowering and fruiting in cassava germplasm. Sci Hortic. 265. doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109253

Tokunaga, H., Anh, N.H., Dong, N.V., et al. 2019. An efficient method of propagating cassava plants using aeroponic culture. J. Crop Improv. 34: 64–83. doi.org/10.1080/15427528.2019.1673271

Wannemuehler, S.D., Yue, C., Hoashi-Erhardt, W.K., Gallardo, R.K., McCracken, V.A. 2020. Cost-effectiveness Analysis of a Strawberry Breeding Program Incorporating DNA-informed Technology. HortTechnology. 30: 365–371. doi.org/10.21273/HORTTECH04519-19

สาขาสัตว์

(Subject: Animals)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

ผลของสารสกัดจากผงจิ้งหรีดต่อปริมาณโปรตีน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด 3T3–L1

The effect of cricket powder extract on protein content, Antioxidant activity, and Cytotoxicity in the 3T3-L1 Cell line

ตรีทิพย์ ทองปั้น[a], **อัญชนา ท่านเจริญ**[a], **ชมดาว สินธุวณิชย์**[b], Yoshihito IUCHI[c], **ชามา อินซอน**[a,*]
Treethip Thongpan[a], Anchana Thancharoen[a], Chomdao Sinthuvanich[b], Yoshihito IUCHI[c], Chama Inson[a,*]
[a]ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[b]ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[c]ภาควิชาเคมีชีวภาพ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยยามางุจิ ยามางุจิ 753-8515 ประเทศญี่ปุ่น
[a]Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
[b]Department of Biochemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
[c]Department of Biological Chemistry, Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, Yamaguchi, Japan
*Corresponding author. E-mail address: fagrcmp@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ของสารสกัดผงจิ้งหรีดด้วยวิธี Bradford, DPPH และ MTT assay ตามลำดับ พบว่าปริมาณโปรตีนของจิ้งหรีดทั้ง 5 สายพันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สูงสุด ได้แก่ สายพันธุ์ *Gryllus locorojo* Weissman & Gray 5±0.27 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง 250–16 kDa สำหรับการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าจิ้งหรีดทุกสายพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด โดยที่ความเข้มข้นสูงสุดของสารสกัดจากสายพันธุ์ *Gryllodes sigillatus* F. Walker มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 93% และการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์ลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด โดยที่ความเข้มข้นสูงสุดของสารสกัดจากสายพันธุ์ *Acheta domesticus* L. เซลล์ยังคงมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เท่ากับ 87%

คำสำคัญ: ความเป็นพิษต่อเซลล์, โปรตีน, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, สารสกัดผงจิ้งหรีด

Abstract

This study investigated the total protein content, antioxidant activity, and cytotoxicity of cricket powder extracts using the Bradford, DPPH and MTT assay, respectively. Protein content differed significantly ($p < 0.05$) among five cricket species, with *Gryllus locorojo* Weissman & Gray showing the highest at 5 ± 0.27 mg/mL and molecular weights ranging from 250–16 kDa. Antioxidant activity significantly increased ($p < 0.05$) with concentration, with *Gryllodes sigillatus* F. Walker reaching at 93% at the highest concentration. Cytotoxicity testing indicated a reduction in cell viability with increasing concentration, while *Acheta domesticus* L. maintained significantly high viability rate of 87% at the highest concentration ($p < 0.05$).

Keywords: Antioxidant activity, Cricket powder extracts, Cytotoxicity, Protein

คำนำ

ปัจจุบันประชากรโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการโปรตีน และอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องหาแหล่งอาหารทางเลือกที่สามารถตอบสนองความต้องการเหล่านี้ได้อย่างยั่งยืน หนึ่งในทางเลือกที่น่าสนใจคือการบริโภคแมลง เช่น จิ้งหรีด ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่มีประสิทธิภาพ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าแหล่งโปรตีนจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น โค และสุกร เป็นต้น (Huis and Rumpold, 2023)

จิ้งหรีดจัดอยู่ในอันดับ Orthoptera วงศ์ Gryllidae เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูง มีโปรตีนประมาณร้อยละ 60–70 ของน้ำหนักแห้ง จิ้งหรีด 100 กรัม มีปริมาณโปรตีนประมาณ 65 กรัม ซึ่งมากกว่าเนื้อสัตว์ทั่วไป เช่น เนื้อไก่ (31 กรัม ต่อ 100 กรัม) หรือเนื้อโค (26 กรัม ต่อ 100 กรัม) จิ้งหรีดยังมีกรดอะมิโนจำเป็น 9 ชนิด วิตามิน แร่ธาตุ รวมถึงไขมันไม่อิ่มตัวและเส้นใยที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Rumpold and Schlüter, 2013) จิ้งหรีดยังได้รับความสนใจด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากจิ้งหรีดที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) อยู่ที่ประมาณ 1.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และยังพบปริมาณฟีนอลิกในสารสกัดจากจิ้งหรีด มีค่าประมาณ 12.3 (mg GAE/g extract) และปริมาณฟลาโวนอยด์อยู่ที่ 6.7 (mg RE/g extract) ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ (Ghosh et al., 2017) รวมถึงการศึกษาผลกระทบของสารสกัดต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เพื่อตรวจสอบความเป็นพิษหรือการกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ สารต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่สำคัญในการช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระที่สามารถทำลายเซลล์ และเนื้อเยื่อได้ (Payne et al., 2016) สำหรับการศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยของสารสกัดจิ้งหรีดเมื่อใช้เป็นอาหารของมนุษย์ ซึ่งเซลล์ชนิด 3T3–L1 เป็นเซลล์ต้นแบบจากหนู ที่ใช้ในการศึกษาการสะสมไขมันในเซลล์ไขมัน (adipocytes) ถูกนำมาใช้เป็นโมเดลในการทดลอง การทดสอบความเป็นพิษในเซลล์นี้จึงเป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการประเมินความปลอดภัยในการใช้จิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์อาหาร

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด 3T3–L1 ของสารสกัดผงจิ้งหรีด 5 สายพันธุ์ สำหรับการประเมินศักยภาพของจิ้งหรีดในการนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนทางเลือกที่ไม่เพียงแต่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่ยังมีคุณสมบัติทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์และมีความปลอดภัยต่อการบริโภคของมนุษย์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดทดลอง

งานทดลองนี้เลี้ยงจิ้งหรีดทั้งหมด 5 สายพันธุ์ ได้แก่ (1) *Teleogryllus mitratus Burmeister*, (2) *A. domesticus*, (3) *G. locorojo*, (4) *G. sigillatus*, และ (5) *Gryllus bimaculatus De Geer* ตั้งแต่ระยะไข่จนถึงระยะตัวเต็มวัย สายพันธุ์ละ 5 ซ้ำ ในระบบอีแวป (Evaporative cooling system) โรงเรือนเลี้ยงจิ้งหรีด Cricket Lab KU ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยรองไข่จิ้งหรีดด้วยขุยมะพร้าว 500 กรัม ในกล่องเลี้ยงจิ้งหรีดระยะตัวเต็มวัยที่พร้อมผสมพันธุ์ จากโรงเรือนเลี้ยงจิ้งหรีด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เลี้ยงจิ้งหรีดภายในกล่องพลาสติกสีดำขนาด 49×54×40 เซนติเมตร ภายในกล่องเลี้ยงจิ้งหรีดประกอบด้วย (1) ไม้อัดรองแผงไข่, (2) แผงไข่, (3) ถาดพลาสติกขนาด 21×29 เซนติเมตร สำหรับใส่อาหารและน้ำ เลี้ยงจิ้งหรีดทุกสายพันธุ์ด้วยอาหารจิ้งหรีดสำเร็จรูป น้ำที่ให้จิ้งหรีดจะผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองน้ำและต้มฆ่าเชื้อก่อนให้จิ้งหรีดทุกครั้ง เมื่อจิ้งหรีดเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย รมจิ้งหรีด

ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่อัตราการไหล 30% เป็นเวลา 2–3 นาที (Hickman et al., 2016) แล้วเก็บรักษาตัวอย่างจิ้งหรีดในตู้แช่อุณหภูมิ –20 ˚C

การเตรียมตัวอย่างผงจิ้งหรีด

นำจิ้งหรีดที่เก็บในตู้แช่อุณหภูมิ –20 ˚C มาละลายที่อุณหภูมิห้อง ล้างด้วยน้ำสะอาด 3 รอบ แล้วอบแห้งจิ้งหรีดด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 ˚C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบด และร่อนผงจิ้งหรีดผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช (mesh) หรือ 60 ช่องต่อ 1 ตารางนิ้ว โดยผงจิ้งหรีดที่ร่อนได้มีขนาด 250 ไมโครเมตร (Fig. 1) เก็บผงจิ้งหรีดในถุงซิปล็อคใสที่อุณหภูมิ –20 ˚C โดยชุดแรกเตรียมเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2565 เพื่อใช้ในการทดลอง DPPH และ MTT assay ที่คณะเกษตร มหาวิทยาลัยยามางุจิ ประเทศญี่ปุ่น ส่วนชุดที่สองเตรียมเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2566 สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมดและการวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุล ที่ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

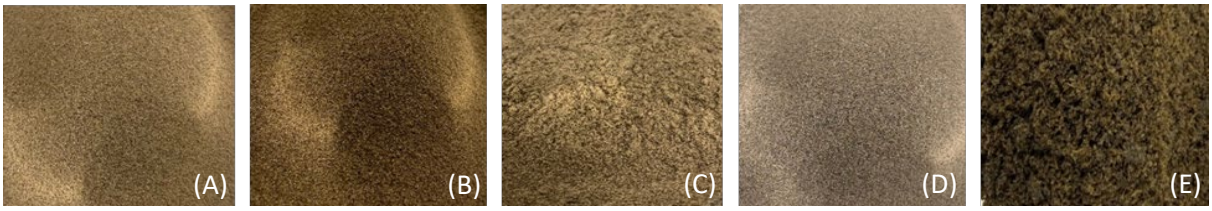


Fig. 1 The five cricket species powder extracts, after undergoing the drying, grinding and sifting processes using a 60–mesh sieve (A); *T. mitratus* (B); *A. domesticus* (C); *G. locorojo* (D); *G. sigillatus* (E); *G. bimaculatus*

การสกัดผงจิ้งหรีดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก

ชั่งน้ำหนักผงจิ้งหรีดสายพันธุ์ละ 1 กรัม ลงในหลอดทดลองพลาสติก (conical tube) โดยใช้น้ำปราศจากไอออนหรือน้ำกลั่น (DI) เป็นตัวทำละลาย เนื่องจากต้องการตัวทำละลายที่บริสุทธิ์และไม่มีสารเจือปน โดยเติมน้ำกลั่นปริมาตรหลอดละ 10 มิลลิลิตร เริ่มสกัดผงจิ้งหรีดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (Sonics VCX-750, Sonics & Materials, Inc., USA) ที่อุณหภูมิ 4 ˚C 20% แอมพิจูด รอบละ 60 วินาที ทั้งหมด 5 รอบ โดยแต่ละรอบหยุดพักเป็นเวลา 30 วินาที ก่อนจะเริ่มรอบถัดไป จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (R15A–1915 15 000RPM AUTOCLAVABLE 121°C, JAPAN) ด้วยอัตราความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C ปิเปตส่วนใสเหนือตะกอนและกรองด้วยไซริงค์กรองสาร (syringe filter) ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร โดยจะทำการสกัดผงจิ้งหรีดใหม่ทุกครั้งก่อนการทดลอง 30 นาที

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (Total protein content)

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด ด้วยวิธีทดสอบ Bradford Protein Assay (Bradford assay) ตามวิธีของ Bradford (1976) โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานโบวินซีรัมอัลบูมิน (Bovine serum albumin, BSA) เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้น เจือจางสารละลายให้มีความเข้มข้นระหว่าง 0–0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเตรียมสารละลายแบรดฟอร์ด (Bradford reagent) ความเข้มข้น 4 เท่า (4X concentration) วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนทั้งหมดด้วยการปิเปตสารละลาย BSA แต่ละความเข้มข้นและสารสกัดผงจิ้งหรีดแต่ละสายพันธุ์ลงในจานหลุม 96 หลุม ความเข้มข้นละ 4 หลุม ปริมาตรหลุมละ 10 ไมโครลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายแบรดฟอร์ดปริมาตร 200 ไมโครลิตร

วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงค์ (blank) ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารละลาย BSA ไปสร้างกราฟมาตรฐานเส้นตรง คำนวณค่า Protein Content (mg/mL) ตาม Equation 1

$$\text{Protein Content (mg/mL)} = \frac{(\text{Average of sample without Blank} \times \text{Dilute factor})}{\text{Slop of BSA standard graph}} \quad (1)$$

Where; Slop is obtained from a standard graph of BSA

การวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลด้วยเทคนิค Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)

วิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลโดยการเตรียมสารสกัดผงจิ้งหรีดให้มีปริมาณโปรตีน 50 ไมโครกรัม แล้วนำไปกำจัดตัวทำละลายเพื่อทำให้แห้ง และเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีดด้วยเครื่องปั่นสุญญากาศ (SpeedVac System, EPPENDORF Concentrator Plus 5305 ROTOR F45–48–11, US) ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 1–2 ชั่วโมง จากนั้นปิเปตน้ำกลั่นปริมาตร 15 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร (vortex mixer GENIE 2, G560E Scientific Industries, INC. Bohemia, N.Y., 11716, USA) เติม 4x Dry ปริมาตร 5 ไมโครลิตร นำไปต้มด้วยเครื่องให้ความร้อนแบบหลุมขนาดเล็ก (mini dry bath incubator, BAC22–100FC, Bio–Active Co., Ltd.) ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 10 นาที และนำไปปั่นเหวี่ยงตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนขนาดเล็ก (TT–6000/TT–3K–10K Mini–Centrifuge, Hercuvan Lab Systems, UK) จากนั้นโหลดตัวอย่างที่เตรียมปริมาตร 20 ไมโครลิตร และโปรตีนมาตรฐาน (protein marker) ปริมาตร 3 ไมโครลิตร ลงในช่อง (well) เริ่มรันตัวอย่างด้วยเครื่องแยกสารพันธุกรรมด้วยไฟฟ้า (Bio–Rad PowewrPac Basic 300V–400mA–75W Electrophor, Bio–Rad Laboratories, Inc., Delaware, US) กำลังไฟฟ้า 120 โวลต์ ที่ 400 แอมพิจูด เป็นเวลา 120 นาที จากนั้นนำเจลไปย้อมด้วย 0.1%w/v Coomassie G250 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และล้างสีออกด้วย Destaining solution นำไปถ่ายรูปด้วยเครื่องถ่ายภาพ และวิเคราะห์แถบโปรตีนด้วย (Bio–Rad Gel Doc XR+ and ChemiDoc XRS+ Systems with Image Lab 2.0 software) เปรียบเทียบแถบโปรตีนของสารสกัดผงจิ้งหรีดกับแถบโปรตีนมาตรฐาน (protein marker)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity assay)

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีทดสอบ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) Radical Scavenging Assay (DPPH assay) โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานโทรล็อกซ์ (Trolox) ให้ได้ช่วงความเข้มข้นที่ 0–120 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเตรียมสารละลายดีพีพีเอช (DPPH reagent) เข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยการปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรล็อกซ์และสารสกัดผงจิ้งหรีดแต่ละความเข้มข้นลงในจานหลุม 96 หลุม ความเข้มข้นละ 6 หลุม ปริมาตรหลุมละ 50 ไมโครลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายดีพีพีเอช ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวควบคุมเชิงลบ ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหา DPPH radical scavenged (%) ตาม Equation 2

$$\text{Scavenging effect (\%)} = \frac{(\text{A control} - \text{A sample})}{\text{A control}} \times 100 \quad (2)$$

Where; $A_{control}$ is the absorbance of the negative control and A_{sample} is the absorbance of the sample.

ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด 3T3–L1 (Cytotoxicity Assay) ด้วยวิธีทดสอบ 3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-Diphenyltetrazolium Bromide (MTT Assay)

เพาะเลี้ยงเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของหนูชนิด 3T3–L1 จากคณะเกษตร มหาวิทยาลัยยามางุจิ ประเทศญี่ปุ่น จำนวน $0.01x10^6$ เซลล์ต่อหลุม ปริมาตรหลุมละ 100 ไมโครลิตร ในจานเพาะเลี้ยงเซลล์แบบ 96 หลุม ด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ (Complete Media) ประกอบด้วย Dulbecco's Modified Eagle's Medium (DMEM), 10% Fetal bovine serum, 1% Penicillin Streptomycin จากนั้นบ่มในตู้ที่มี 5%CO_2 อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปิเปตสารสกัดผงจิ้งหรีดแต่ละความเข้มข้น ปริมาตรหลุมละ 10 ไมโครลิตร บ่มต่อในตู้ที่มี 5% CO_2 อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปิเปตสารละลายเอ็มทีที (MTT reagent) ปริมาตรหลุมละ 100 ไมโครลิตร บ่มต่อในตู้ที่มี 5%CO_2 อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลา ปิเปตไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (DMSO) เพื่อละลายผลึกฟอร์มาซาน (Formazan) ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารเลี้ยงเซลล์ในหลุมที่มีเซลล์แต่ไม่มีสารสกัดผงจิ้งหรีดเป็นตัวควบคุมเชิงบวก และหลุมที่ไม่มีเซลล์และสารสกัดผงจิ้งหรีดเป็นแบลงค์ (blank) ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ เป็นตัวควบคุมเชิงลบ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 535 นาโนเมตร คำนวณเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ Cell viability (%) ตาม Equation 3

$$\text{Cell Viability (\%)} = \frac{(\text{A sample - A blank})}{(\text{A control - A blank})} \times 100 \quad (3)$$

Where; A_{sample} is the absorbance of the sample and $A_{control}$ is the absorbance of the positive control and A_{blank} is the absorbance of empty well.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ One-way Analysis of Variance (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Tukey's HSD ($p < 0.05$) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ GraphPad Prism version 5.0 (San Diego, California, USA: GraphPad Software, Inc. Available at: www.graphpad.com) (GraphPad Software, Inc. 2007) และวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนจากผงจิ้งหรีดจาก SDS-PAGE ด้วยโปรแกรม Image Lab 6.1.0 (Bio-Red Laboratories Ltd., Hercules, California, USA)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จิ้งหรีดแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายพันธุ์ *G. locorojo* มีปริมาณโปรตีนสูงสุด 5±0.27 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมาเป็นสายพันธุ์ *T. mitratus* 3±0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสายพันธุ์ *G. bimaculatus* มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด 0.3±0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับสายพันธุ์

G. sigillatus และ *A. domesticus* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เท่ากับ 2±0.13 และ 2±0.06 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (Fig. 2A)

จิ้งหรีดทั้ง 5 สายพันธุ์ มีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนผงจิ้งหรีดจาก SDS-PAGE ตรงกับโปรตีนมาตรฐาน (lane M) ที่ 250 และ 16 kDa (Fig. 2B) ในขณะที่แถบอื่น ๆ เป็นลักษณะเฉพาะของจิ้งหรีดแต่ละสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ *G. locorojo* (lane 3) พบทั้งหมด 13 แถบ สอดคล้องกับ ปริมาณโปรตีนที่พบสูงสุด โดยน้ำหนักโมเลกุลที่ 250, 154.8, 81.5, 77.2 และ 16 kDa มีความเข้มมากที่สุด สายพันธุ์ *G. sigillatus* (lane 4) พบทั้งหมด 9 แถบ น้ำหนักโมเลกุลที่ 250, 191.3 และ 132.9 kDa มีความเข้มมากที่สุด และสายพันธุ์ *A. domesticus* (lane 2) พบทั้งหมด 6 แถบ น้ำหนักโมเลกุลที่ 250, 154.8, 78.5, 67.7, 59.1 และ 16 kDa มีความเข้มมากที่สุด สอดคล้องกับปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกันของทั้งสองสายพันธุ์ สำหรับสายพันธุ์ *T. mitratus* (lane 1) พบทั้งหมด 4 แถบ ได้แก่ 250, 66.9 และ 16 kDa ส่วนจิ้งหรีดสายพันธุ์ *G. bimaculatus* (lane 5) พบ 3 แถบ (band) ได้แก่ 250, 16.6 และ 16 kDa สอดคล้องกับปริมาณโปรตีนที่พบน้อยที่สุด

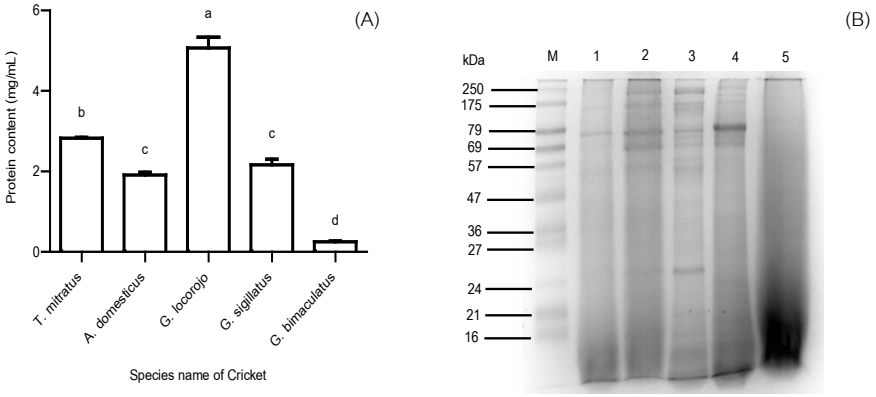


Fig. 2 The protein content (mg/mL) of five cricket species powder extracts (A). All cricket powder extracts were performed in biological triplicate. Data are expressed as mean±SD ($n = 3$, $p < 0.05$) for all tested. Different letters indicate mean values significantly different. Molecular weight analysis of protein cricket powder sample from SDS-PAGE by Image Lab(B). Lane M: protein marker; lane 1: *T. mitratus*; lane 2: *A. domesticus*; lane 3: *G. locorojo*; lane 4: *G. sigillatus*; and lane 5: *G. bimaculatus*

จิ้งหรีดแต่ละสายพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีด โดยความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดผงจิ้งหรีดที่ 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 3A) จิ้งหรีดสายพันธุ์ *A. domesticus, G. sigillatus, G. locorojo, G. bimaculatus* และ *T. mitratus* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 16%, 15%, 14%, 12% และ 10% ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีดเป็น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 3B) จิ้งหรีดสายพันธุ์ *G. bimaculatus, G. locorojo, A. domesticus, G. sigillatus* และ *T. mitratus* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 23%, 21.6%, 21.3%, 19.6% และ 13.6% ตามลำดับ และเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีดเพิ่มเป็น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 3C) จิ้งหรีดสายพันธุ์ *A. domesticus, G. locorojo, G. bimaculatus, G. sigillatus* และ *T. mitratus* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น เท่ากับ 51.6%, 43.3%, 38%, 34% และ 21% ตามลำดับ และความเข้มข้นสูงสุดของสารสกัดผงจิ้งหรีดที่ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 3D) จิ้งหรีดสายพันธุ์ *G. sigillatus* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงถึง 93%

ในขณะที่จิ้งหรีดสายพันธุ์ *G. locorojo, A. domesticus, G. bimaculatus* และ *T. mitratus* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 92%, 89.6%, 87.6% และ 77% ตามลำดับ

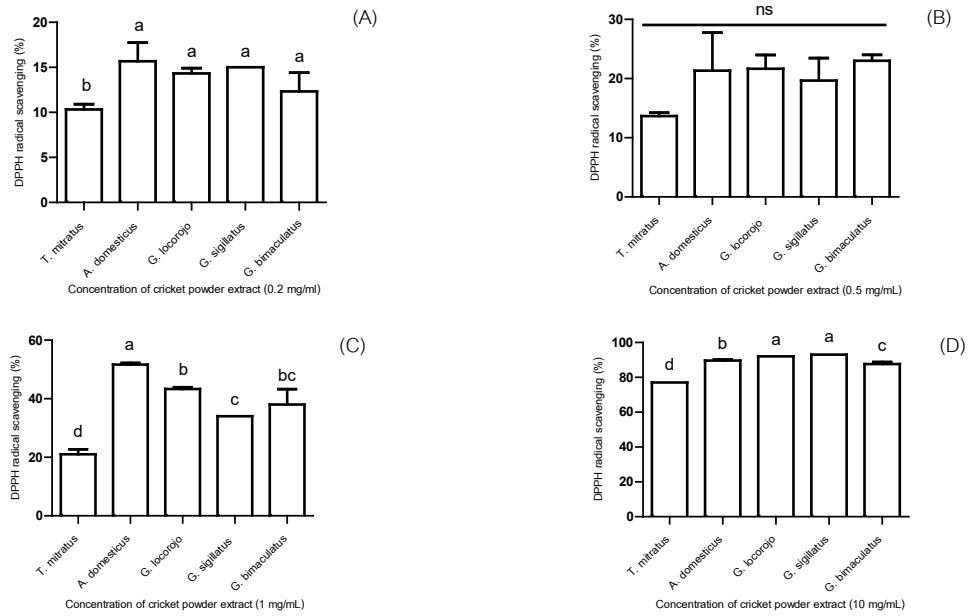


Fig. 3 The % DPPH radical scavenging activity in five cricket species powder extracts. % DPPH radical scavenging activity of 0.2 mg/mL (A); 0.5 mg/mL (B); 1 mg/mL (C); and 10 mg/mL (D) concentrations. All experiments were performed in biological triplicate. Data are expressed as mean±SD (n = 3, $p < 0.05$) for all tested. Different letters indicate mean values significantly different

ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ชนิด 3T3–L1 ด้วยวิธี MTT assay พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีด โดยความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีดที่ 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 4A) เซลล์ยังคงมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงจากสารสกัดผงจิ้งหรีดของสายพันธุ์ *A. domesticus*, *G. sigillatus* และ *G. locorojo* เท่ากับ 103.3%, 102.2% และ 101.5% ตามลำดับ ในขณะที่ สารสกัดผงจิ้งหรีดของสายพันธุ์ *G. bimaculatus* และ *T. mitratus* ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์ลดลง เท่ากับ 48.6% และ 39.1% ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีดเป็น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 4B) พบว่าสารสกัดผงจิ้งหรีดของสายพันธุ์ *A. domesticus*, *G. sigillatus*, *G. locorojo, G. bimaculatus* และ *T. mitratus* ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์ลดลง เท่ากับ 101.4%, 101.4%, 98.3%, 39.1% และ 38.8% ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีดเป็น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 4C) สารสกัดของสายพันธุ์ *A. domesticus*, *G. sigillatus*, *G. locorojo, G. bimaculatus* และ *T. mitratus* ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์ลดลง เท่ากับ 97.8%, 95.5%, 93.6%, 98.7% และ 38.7% ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีดเป็น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 4D) สารสกัดของสายพันธุ์ *A. domesticus*, *G. sigillatus*, *G. locorojo, G. bimaculatus* และ *T. mitratus* ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์ลดลง เท่ากับ 91.1%, 84.6%, 80%, 38.8% และ 37.1% ตามลำดับ และความเข้มข้นสูงสุดของสารสกัดผงจิ้งหรีดที่ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 4E) สารสกัดของสายพันธุ์ *A. domesticus*, *G. sigillatus*, *G. locorojo, G. bimaculatus*

และ *T. mitratus* ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์ลดลง เท่ากับ 87.2%, 79.6%, 77.6%, 37.3% และ 35.3% ตามลำดับ

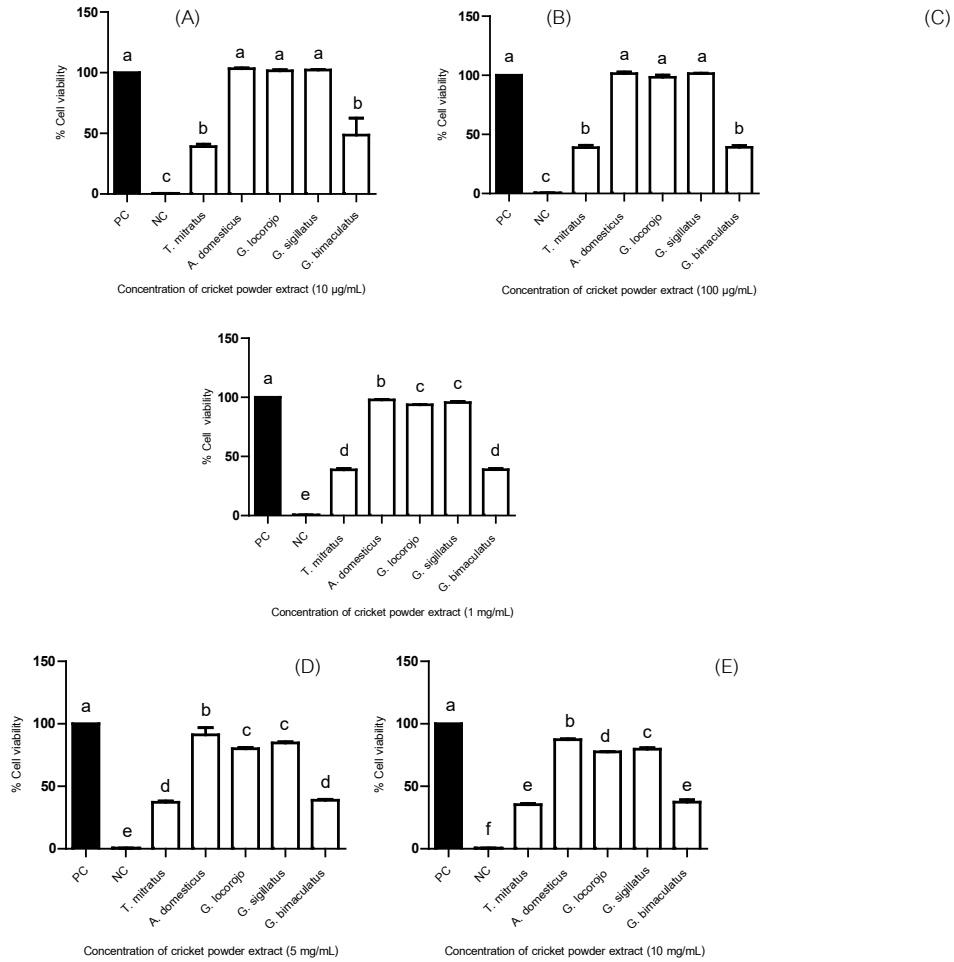


Fig. 4 The %Cell viability of five cricket species powder extracts on 3T3–L1 cells. %Cell viability of 10 µg/mL (A); 100 µg/mL (B); 1 mg/mL (C); 5 mg/mL (D); and 10 mg/mL (E) concentrations. All experiments were performed in biological triplicate. Data are expressed as mean±SD (n = 3, p < 0.05) for all tested. Different letters indicate mean values significantly different

จิ้งหรีดแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนของจิ้งหรีดแต่ละสายพันธุ์นั้นมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของธนาวุฒิและสุทัศน์ (2564) ซึ่งรายงานว่าสายพันธ์ของจิ้งหรีดที่นิยมเลี้ยงเพื่อจำหน่ายทางการค้า 3 สายพันธุ์ มีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะผงจิ้งหรีดของสายพันธุ์ *Tarbinskiellus portentosus* (Lichtenstein, 1796) พบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงถึง 68.97% เมื่อผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 16 เมช การวิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl method (N x 6.25) ที่สภาวะต่าง ๆ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนของสายพันธุ์ *A. domesticus* และ *T. portentosus* คือการสกัดที่อุณหภูมิ 50 ˚C เป็นเวลา 60 นาที ทำให้ได้ปริมาณโปรตีน 26.77 และ 27.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ การสกัดที่อุณหภูมิ 60 ˚C เป็นเวลา 90 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนของสายพันธุ์ *Gryllus testaceus* Walker

ทำให้ได้ปริมาณโปรตีน 26.99 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เช่นเดียวกับการศึกษาของ สุภาษิต และคณะ (2566) ซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับการสกัดโปรตีนเข้มข้นจากผงจิ้งหรีดบ้านด้วยเทคนิคอัลตราซาวด์ พบว่า การสกัดโปรตีนจากผงจิ้งหรีดบ้านในสภาวะอุณหภูมิที่ 40 ˚C ระยะเวลา 30 นาที ที่ค่า pH เท่ากับ 11 ทำให้ได้ปริมาณโปรตีนจากผงจิ้งหรีดบ้านเท่ากับ 22.32%w/w และเมื่อนำผงจิ้งหรีดบ้านไปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ทำให้ปริมาณโปรตีนของจิ้งหรีดบ้านเพิ่มขึ้นเป็น 69.50%w/w รวมถึงการศึกษาของ Khayrova et al. (2024) พบว่า การเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดโปรตีนโดยใช้บัฟเฟอร์ฟอสเฟตเป็นตัวทำละลายหรือปรับค่า pH ให้สูงกว่า 7 จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดโปรตีนของแมลงได้ ดังนั้นขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวทำละลายของสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนมีผลทำให้ได้ปริมาณโปรตีนที่ได้แตกต่างกันในจิ้งหรีดแต่ละสายพันธุ์

สำหรับผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay พบว่า จิ้งหรีดแต่ละสายพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด สอดคล้องกับการศึกษาของพัชราภรณ์ (2562) ที่รายงานว่า สารสกัดจากจิ้งหรีดที่สกัดด้วยน้ำมีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่ 50.03% และ 60.10% ที่ความเข้มข้น 1 และ10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากจิ้งหรีดและแมลงกินได้ที่เป็นส่วนผสมใน Tteokgalbi ซึ่งเป็นอาหารเกาหลี พบว่า จิ้งหรีดมีบทบาทสำคัญในการลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีนัยสำคัญ (Yong et al., 2023) เช่นเดียวกับ (Zielinska et al., 2016; Messina et al., 2019; Ugur et al., 2021; Siddiqui et al., 2024) รายงานว่า การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay ของแมลงกินได้สายพันธุ์ *Amphiacusta annulipes* พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 19.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยแสดงค่า IC_{50} ต่ำที่สุด และไฮโดรไลเซตของผงจิ้งหรีดสายพันธุ์ *A. domesticus* แสดงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay โดยมีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระสูงถึง 26.5% อีกทั้งยังตรวจพบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแมลงสายพันธุ์ *Tenebrio molitor* L. ด้วยวิธี DPPH assay เดียวกัน และการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด 3T3–L1 ด้วยวิธี MTT assay พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเซลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดผงจิ้งหรีด สอดคล้องกับการศึกษาของ Abutaha and AL-Mekhlafi (2024) พบว่า การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ด้วยวิธี MTT assay จากสารสกัดตัวอ่อนแมลงสายพันธุ์ *T. molitor* ด้วยการอบแห้งแบบเตาอบ พบความเป็นพิษต่อเซลล์โดยเฉพาะความเข้มข้นสูงสุด 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสอดคล้องกับการศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์ของผงจิ้งหรีดสายพันธุ์ *A. domesticus* พบว่า ที่ความเข้มข้น 5,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดผงจิ้งหรีดสายพันธุ์ *A. domesticus* ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ (Yasuki et al., 2022)

สรุป

สารสกัดผงจิ้งหรีดแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน อยู่ในช่วง 1.9–5.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จิ้งหรีดทุกสายพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด โดยที่ความเข้มข้นสูงสุดของสารสกัดจากสายพันธุ์ *G. sigillatus* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง 93% และสารสกัดผงจิ้งหรีดทุกสายพันธุ์มีความปลอดภัยต่อเซลล์ในระดับความเข้มข้น 10, 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนโครงการนวัตกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการศึกษาแมลงและสัตว์ขาข้อที่รบกวนชุมชน รหัสโครงการวิจัย FF(KU)14.64 และขอขอบคุณภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย

เกษตรศาสตร์ รวมทั้งภาควิชาชีวภาพเคมี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยยามางุจิ ประเทศญี่ปุ่น ที่อนุเคราะห์พื้นที่ในการเลี้ยงจิ้งหรีด และห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

ธนาวุฒิ จิโน, สุทัศน์ สุระวัง. 2564. องค์ประกอบทางเคมีและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนเข้มข้นจากจิ้งหรีดทางการค้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย. 10(1): 64–73. doi.org/10.14456/tjst.2021.5

พัชราภรณ์ บุญศิลป์. 2562. ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสกัดจากจิ้งหรีดสายพันธุ์ทองดำต่อโรคอัลไซเมอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

สุภาษิต ชูกลิ่น, สิริรัตน์ พึ่งชมภู, ผกามาส ปุรินทราภิบาล, ธนากรณ์ ดำสุด. 2566. การสกัดโปรตีนเข้มข้นจากผงจิ้งหรีดด้วยเทคนิคอัลตราซาวด์ สำหรับผลิตภัณฑ์พาสต้าเพื่อสุขภาพ. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 15(3): 1–13.

Abutaha, N., AL-Mekhlafi, F.A. 2024. The impact of drying and extraction methods on total lipid, fatty acid profile, and cytotoxicity of *Tenebrio molitor* larvae. Open Chemistry. 22(1): 20240110. doi.org/10.1515/chem–2024–0110.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248–254. doi.org/10.1016/0003–2697(76)90527–3.

Dobermann, D., Scheers, N. 2021. Cytotoxicity of insects (*T. Molitor*, *G. Bimaculatis*, *S. Gregaria* and *A. Domesticus*) in a simulated gastrointestinal digestion/human intestinal cell model. Research Square. doi.org/10.21203/rs.3.rs–138966/v1.

Ghosh, S., Lee, S.M., Jung, C., Meyer–Rochow, V.B. 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. J. Asia. Pac. Entomol. 20(2): 686–694. doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003.

Hickman, D.L., Fitz, S.D., Bernabe, C.S., Caliman, I.F., Haulcomb, M.M., Federici, L.M., Shekhar, A., Johnsona, P.L. 2016. Evaluation of low versus high volume per minute displacement CO_2 methods of euthanasia in the induction and duration of panic–associated behavior and physiology. Animals. 2;6(8): 45. doi.org/10.3390/ani6080045

Huis, A., Rumpold, B. 2023. Strategies to convince consumers to eat insects? A review. Food Qual. 110:104927. doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104927

Khayrova, A., Lopatin, S., Varlamov, V. 2024. A review on characteristics, extraction methods and applications of renewable insect protein. J. Renew. Mater. 12(5): 925–927. doi.org/10.32604/jrm.2024.050033

Messina, C.M., Gaglio, R., Morghese. M., Tolone, M., Arena, R., Moschetti, G., Santulli, A., Francesca, N., Settanni, L. 2019. Microbiological profile and bioactive properties of insect powders used in food and feed formulations. Foods. 8: 400. doi.org/10.3390/foods8090400

Payne, C.L.R., Scarborough, P., Rayner, M., Nonaka, K. 2016. Are edible insects more or less "healthy" than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over–and undernutrition. Eur. J. Clin. Nutr. 70(3): 285–291. doi.org/10.1038/ejcn.2015.149

Rumpold, B.A., Schlüter, O.K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Mol. Nutr. Food Res. 57(5): 802–823. doi.org/10.1002/mnfr.201200735

Siddiqui, S.A., Zhao, T., Fitriani, A., Rahmadhia, S.N., Alirezali, K., Fernando, I. 2024. *Acheta domesticus* (house cricket) as human foods - An approval of the European Commission–A systematic review. Food Frontiers. 5(2): 435–473. doi.org/10.1002/fft2.358

Ugur, A.E., Bolat, B., Oztop M.H., Alpas, H. 2021. Effects of high hydrostatic pressure (HHP) processing and temperature on physicochemical characterization of insect oils extracted from *Acheta domesticus* (House cricket) and *Tenebrio molitor* (Yellow Mealworm). Waste and Biomass Valorization. 12: 4277–4286. doi.org/10.1007/s12649–020–01302–z

Yasuki, M., Kiyo, S., Yuuto, N., Kenta, N., Akira, M., Yuuki, M., Akane, Y., Nobuo, N., Atsushi, O. 2022. Toxicity of house cricket (*Acheta domesticus*) in mice. Clin. Med. Bio. Chem. 8: 128.

Yong, H.I., Kim, T.K., Cha, J.Y., Lee, J.H., Kang, M.C., Jung, S., Choi, Y.S. 2023. Effects of edible insect extracts on the antioxidant, physiochemical, and microbial properties of Tteokgalbi during refrigerated storage. Food Biosci. 52:102377. doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102377

Zielinska, E., Karas, M., Jakubczyk, A. 2016. Antioxidant activity of predigested protein obtained from a range of farmed edible insects. Int. J. Food Sci. Technol. 52(2): 306–312. doi.org/10.1111/ijfs.13282

ผลของอาหารเสริมต่ออายุขัยและการพัฒนาของต่อมไฮโปฟาริงจ์ของชันโรงขนเงิน (*Tetragonula pagdeni*)

The effect of supplementary feeding on the lifespan and hypopharyngeal gland development of stingless bee (*Tetragonula pagdeni*)

ธนาธิป สิทธิศร, สุนิสา อึ้งวิวัฒน์กุล, วรณิกา พรมศาสตร์, จักราวุธ ไม้ทิพย์*

Tanatip Sitthison, Sunisa Ungwiwatkul, Woranika Promsart, Jakkrawut Maitip*

ภาควิชากระบวนการอุตสาหกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง ระยอง 21120

Department of Chemical Industrial Process and Environment, Faculty of Science energy and environment, King Mongkut's University of Technology North Bangkok University Rayong Campus, Rayong 21120, Thailand

*Corresponding author. E–mail address: jakkrawut.m@sciee.kmutnb.ac.th.

บทคัดย่อ

ชันโรงขนเงิน (*Tetragonula pegdeni*) เป็นแมลงเศรษฐกิจที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงเชิงอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้เกิดการขาดแคลนอาหาร นำไปสู่ปัญหารังล่มสลาย งานวิจัยนี้พัฒนาอาหารเสริมเพื่อเพิ่มอัตราการรอดชีวิต การพัฒนาของต่อมไฮโปฟาริงจ์ (Hypopharyngeal gland; HPGs) โดยใช้ 3 สูตร ได้แก่ ชุดควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 ร่วมกับการให้สารละลายซูโครสร้อยละ 50 โดยมวลต่อปริมาตร ผลการทดลองพบว่าอาหารเสริม KMUTNB02 มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มอัตรารอดชีวิตของชันโรงขนเงิน โดยมีชีวิตรอดมากกว่าร้อยละ 50 ในเวลาทดสอบ 30 วัน ขนาดต่อม HPGs เฉลี่ยสูงสุดที่ 70.33±1.53 ไมโครเมตร และปริมาณไขมันในร่างกายเฉลี่ยสูงสุดที่ 0.120±0.002 มิลลิกรัมต่อตัว ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอาหารเสริมชุดควบคุมและ KMUTNB01 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นการให้อาหารเสริมสำหรับชันโรงจะช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิต การพัฒนาของต่อม HPGs

คำสำคัญ: การขาดแคลนอาหาร, การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ, ชันโรงขนเงิน, โพรไบติก, อาหารเสริมสำหรับชันโรง

Abstract

The stingless bee (*Tetragonula pegdeni*) is an economic insect with potential for industrial farming. However, climate change–induced food shortages have led to colony collapse. This study developed dietary supplements to improve survival rates and honey quality, testing three formulas: Control, KMUTNB01 (soybean meal + yeast extract), and KMUTNB02 (soybean meal + probiotic microorganisms) with 50% sucrose solution. Results showed KMUTNB02 as the most effective, with survival rates 50% over a 30 day–testing period, hypopharyngeal gland size at 70.33±1.53 µm, and body fat content of 0.120±0.002 mg/bee, significantly higher than the other formulas ($p < 0.05$). The use of KMUTNB02 can mitigate the impacts of food shortages, enhance the sustainability of stingless bee farming, and provide economic benefits to farmers.

Keywords: Climate change, Food shortages, Probiotic, Supplementary diet, *Tetragonula pagdeni*

คำนำ

ชันโรง (Stingless bee) เป็นแมลงสังคมขนาดเล็กที่จัดอยู่ในอันดับ Hymenoptera และวงศ์ Apidae มีการแบ่งหน้าที่ภายในรังอย่างเป็นระบบ โดยจะมีการแบ่งเป็น 3 วรรณะ ได้แก่ ชันโรงนางพญา (Queen), ชันโรงงาน (Worker), และชันโรงเพศผู้ (Drone) โดยชันโรงงานทำหน้าที่หลากหลายภายในรัง ชันโรงมีขนาดเล็กกว่าผึ้งประมาณ 2–3 เท่า ไม่มีเหล็กใน และไม่สามารถต่อยได้ ชันโรงเป็นแมลงที่เก็บน้ำหวานและเกสรจากดอกไม้เพื่อเป็นอาหาร ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบนิเวศและการเกษตร เนื่องจากสามารถผสมเกสรพืชเศรษฐกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชันโรงพบได้ในพื้นที่เขตร้อนและเขตกึ่งร้อนทั่วโลก และมีมากกว่า 500 ชนิด ในประเทศไทยพบชันโรงมากกว่า 40 ชนิด โดยจะกระจายตามแหล่งอาหารและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ (สมนึก และอรุณรัตน์, 2549) นอกจากนี้ชันโรงยังมีความสามารถในการเป็นแมลงผสมเกสรเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ ได้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพ (พิชญาดา, 2562)

ปัจจุบันชันโรงได้รับความสนใจอย่างมากจากเกษตรกรทั่วประเทศไทย โดยเฉพาะการเลี้ยงเพื่อผลิตน้ำผึ้งและชันหรือ พรอพอลิส ซึ่งมีสมบัติทางยาและมีราคาสูง ซึ่งผลิตภัณฑ์จากชันโรงได้รับการตอบรับอย่างดีดีจากผู้บริโภค ข้อมูลจากกรมส่งเสริมการเกษตรระบุว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงชันโรงในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในปี 2566 มีเกษตรกรจำนวน 3,900 ราย ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2557 กว่า 4.9 เท่า และจำนวนรังชันโรงในประเทศรวมกว่า 38,500 รัง มีผลผลิตเฉลี่ย 300–500 กรัมต่อรังต่อปี หรือคิดเป็นผลผลิตทั่วประเทศเฉลี่ยรวม 19.25 ตันต่อปี ซึ่งการขยายตัวอย่างรวดเร็วของการเลี้ยงชันโรงเนื่องจากมีจุดเด่นในหลายด้าน ได้แก่ เป็นแมลงเศรษฐกิจที่เลี้ยงง่าย ไม่ต้องการการดูแลมาก ใช้เงินลงทุนต่ำ โดยต้นทุน 1,500 บาทต่อรัง แต่ได้ผลตอบแทนกว่า 2,800 บาทต่อรังต่อปี สำหรับผลิตภัณฑ์จากชันโรง ได้แก่ น้ำผึ้งชันโรงและชัน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงเฉลี่ย 1,500–2,500 บาทต่อกิโลกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566)

ชันโรงขนเงิน (*Tetragonula pagdeni*) เป็นชันโรงที่พบได้ทั่วประเทศ มีการเลี้ยงอย่างแพร่หลายทั้งในระดับวิสาหกิจชุมชนและเกษตรแปลงใหญ่ (ธีรพงษ์, 2564) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าจะมีการเลี้ยงชันโรงขนเงินจะแพร่หลายในพื้นที่ต่าง ๆ แต่ยังคงพบปัญหาการล่มสลายของรัง ในช่วงฤดูฝนและระยะหลังการแยกขยายรัง ซึ่งสาเหตุเกิดจากการขาดแคลนอาหารที่มีคุณภาพ โดยเฉพาะปริมาณโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุที่ได้จากเกสร นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนอาหารจากธรรมชาติ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการกระทำของมนุษย์ที่ทำให้ความหลากหลายระบบนิเวศและแหล่งอาหารลดลง ส่งผลให้ชันโรงอ่อนแอลง มีอัตราการรอดชีวิตต่ำ นำไปสู่การล่มสลายของรัง Hypopharyngeal gland (HPGs) เป็นต่อมที่อยู่ในส่วนหัวของชันโรง ทำหน้าที่ในการสร้างสารกลุ่มโปรตีน เช่น เอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ที่มีส่วนสำคัญในการเลี้ยงตัวอ่อนชันโรง และการย่อยอาหาร (Vanessa and Lucy, 2018) โดย HPGs จะมีขนาดเล็กในชันโรงงานที่เกิดใหม่ แต่จะพัฒนาและขยายใหญ่ที่สุดในช่วงสัปดาห์แรกหลังจากออกจากดักแด้ ซึ่งเป็นช่วงที่ทำหน้าที่เป็นชันโรงพยาบาล และจะหดตัวลงอย่างรวดเร็ว จากงานวิจัยขนาดของ HPGS แปรผันตามคุณภาพของอาหาร ถ้าชันโรงได้รับอาหารที่ที่โปรตีนในปริมาณน้อย HPGs จะมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับชันโรงที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนในปริมาณมาก จึงสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของอาหารและปริมาณของโปรตีนในแหล่งอาหารได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาอาหารเสริมสำหรับชันโรงขนเงิน และศึกษาประสิทธิภาพการใช้อาหารเสริมสำหรับชันโรงเพื่อเพิ่มอัตราการรอดชีวิต การพัฒนาของ HPGs และปริมาณไขมันสะสมในชันโรงขนเงิน เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนอาหารของชันโรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจนนำไปสู่การล่มสลายของรังและใช้เป็นข้อมูลในการผลิตอาหารเสริมสำหรับชันโรงและเพื่อส่งเสริมการเลี้ยงชันโรง ซึ่งจะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงชันโรงขนเงินในเชิงอุตสาหกรรมได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อาหารเสริมสำหรับชันโรงขนเงิน

เตรียมอาหารเสริมสำหรับชันโรงโดยผสมส่วนประกอบของอาหารเสริมดังแสดงใน Table 1 โดยส่วนผสมแห้งทุกชนิดได้ผ่านการลดขนาดของอนุภาคให้เล็กลงโดยการปั่นให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 40 mesh จากนั้นผสมแต่ละส่วนให้เข้ากัน บรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นระยะเวลา 7 วัน ก่อนนำมาทดสอบ

Table 1 Shows the composition of instant supplementary diet for *T. pagdeni*.

Ingredients (g/100g)	Control	KMUTNB01	KMUTNB02
Tetragonula pagdeni honey (g)	15	15	15
Bee pollen (g)	70	30	30
Soybean meal (g)	–	30	30
Distilled water (g)	15	20	20
Yeast extract *Saccharomyces cerevisiae*	–	5	–
Probiotic microorganisms			
Zygosaccharomyces sp.	–	–	5

ทดสอบประสิทธิภาพของอาหารเสริมต่ออัตราการรอดชีวิตของชันโรงขนเงินในระดับห้องปฏิบัติการ

เพาะเลี้ยงชันโรงโดยการนำไข่แก่ของชันโรงขนเงินจากรังชันโรงขนเงินอย่างน้อย 5 รัง จากนั้นนำมาวางในถ้วยพลาสติกชนิดโพลีโพรพีลีนที่เจาะรูและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60–70 ในสภาวะมืด เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Jehlík et al., 2019) โดยตรวจสอบชันโรงตัวเต็มวัยทุก 6 ชั่วโมง เมื่อชันโรงฟักออกจากดักแด้ ใช้พู่กันนำชันโรงใส่ในถ้วยทดลอง โดยในแต่ละชุดการทดลองจะใช้ชันโรง 30 ตัวต่อถ้วย ชุดการทดลองละ 5 ถ้วย หรือใช้ชันโรงขนเงิน 150 ตัวต่อสูตรอาหาร จากนั้นนำชันโรงมาเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่าง ๆ ร่วมกับการให้สารละลายน้ำตาลซูโครสร้อยละ 50 แบบไม่จำกัด (*ad libitum*) โดยอาหารเสริมที่ใช้ทดสอบจะมีจำนวน 3 สูตร ได้แก่ ชุดควบคุม (Control), KMUTNB01 และ KMUTNB02 โดยในแต่ละถ้วยจะให้อาหารเสริมปริมาณ 1 กรัม โดยบรรจุในหลอดพลาสติกและทำการเปลี่ยนอาหารเสริมและสารละลายน้ำตาลซูโครสทุก 3 วัน เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา ศึกษาประสิทธิภาพของอาหารเสริมโดยวัดอัตราการรอดชีวิตของชันโรงทุกวัน และสุ่มตัวอย่างชันโรงจากแต่ละชุดการทดลอง ชุดการทดลองละละ 5 ตัว เพื่อนำมาวัดขนาดของต่อมไฮโปฟาริงซ์ (HPGs) และศึกษาปริมาณไขมันในร่างกายของชันโรง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยของชันโรงขนเงินระหว่างกลุ่มวิเคราะห์ ด้วยวิธีของ Kaplan–Meier Method โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 28.0 (IBM Crop, 2021) เพื่อหาสูตรอาหารเสริมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มอัตราการรอดชีวิตและการพัฒนาของ HPGs สำหรับชันโรงขนเงิน

การวัดขนาด hypopharyngeal gland ในชันโรงขนเงิน

ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อทำให้ชันโรงสลบ จากนั้นสุ่มตัวอย่างชันโรงที่อยู่ในระหว่างทดสอบประสิทธิภาพของอาหารเสริมในแต่ละชุดการทดลอง ชุดการทดลองละอย่างน้อย 5 ตัว จากนั้น ตัดหัวชันโรงด้วยมีดผ่าตัด หลังจากนั้น

นำหัวชันโรงมาผ่าด้วยเข็ม ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo Microscope) โดยใช้ปลายเข็มฉีดยา เปิดผิวภายนอกของหัวชันโรงด้วยความระมัดระวัง นำส่วนประกอบภายในหัวของชันโรงไปวางบนกระจกสไลด์ที่มีน้ำยา Quick StartTM Bradford 1x Dry Reagent #500–0205 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร (Rahman et al., 2014) กำจัดเนื้อเยื่ออื่น ๆ ออกจากต่อม HPGs และนำเฉพาะส่วนของ HPGs ไปวัดขนาดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่มีกำลังขยาย 100 เท่า (microscope) (Selina et al., 2023) จากนั้น วัดขนาดของ acini อย่างน้อย 30 acini ต่อชันโรง 1 ตัว บันทึกข้อมูลและนำข้อมูลขนาดของ acini ของ hypopharyngeal gland ของชันโรงขนเงินระหว่างกลุ่มได้รับการวิเคราะห์ ด้วยวิธี one–way Anova Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 28.0 (IBM Crop, 2021)

การวัดปริมาณไขมันในชันโรงขนเงิน

การวัดปริมาณไขมันของชันโรงขนเงินที่ได้รับอาหารเสริมสูตรต่าง ๆ จะทำการเก็บตัวอย่างชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตรต่าง ๆ จากถ้วยเลี้ยงในวันที่ 0, 3, 7, 10, 17, 24 และ 30 ของการทดลอง โดยทำให้ชันโรงสลบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สุ่มเลือกชันโรงชุดการทดลองละ 5 ตัว จากนั้นใช้มีดผ่าตัดตัดส่วนท้องของชันโรงแล้วนำส่วนท้องของชันโรงแต่ละตัวใส่ในหลอดไมโครเซนตริฟิวจ์ขนาด 1.5 มิลลิลิตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้แห้ง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างน้ำหนักก่อนและหลังการสกัดไขมัน ซึ่งค่าที่ได้จะได้ค่าเป็นน้ำหนักส่วนไขมันในร่างกายของชันโรง ข้อมูลการวัดปริมาณไขมันในชันโรงขนเงินจะได้รับการวิเคราะห์ด้วยวิธีของ one–way Anova Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 28.0 (IBM Crop, 2021)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของอาหารเสริมต่ออัตราการรอดชีวิตของชันโรงขนเงิน (T. pagdeni)

จากผลการศึกษาอัตราการรอดชีวิตของชันโรงขนเงิน (*T. pagdeni*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตร ควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 ร่วมกับการให้สารละลายซูโครสร้อยละ 50 โดยมวลต่อปริมาตร ผลการศึกษาพบว่าชันโรงขนเงินที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมชุดควบคุมจะตายทั้งหมดภายในเวลา 18 วัน อาหารเสริมสูตร KMUTNB01 ชันโรงจะตายทั้งหมด ภายในเวลา 21 วัน ในขณะที่ชุดการทดลองที่ให้อาหารเสริมสูตร KMUTNB02 มีอัตราร้อยละการรอดชีวิตที่ร้อยละ 56.67±0.58 ตัว ที่เวลาการทดสอบ 30 วัน (Fig. 1) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า อาหารเสริมสำหรับชันโรงขนเงินสูตร KMUTNB02 สามารถเพิ่มอัตราการรอดชีวิตให้กับชันโรงขนเงินในระดับห้องปฏิบัติการได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเสริมสูตร ควบคุม และ KMUTNB01 นั้นแสดงว่าอาหารเสริมสูตร KMUTNB02 ซึ่งมียีสต์ *Zygosaccharomyces* sp. ที่ยังมีชีวิตในอาหารเสริมมีผลในการเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของชันโรงขนเงิน

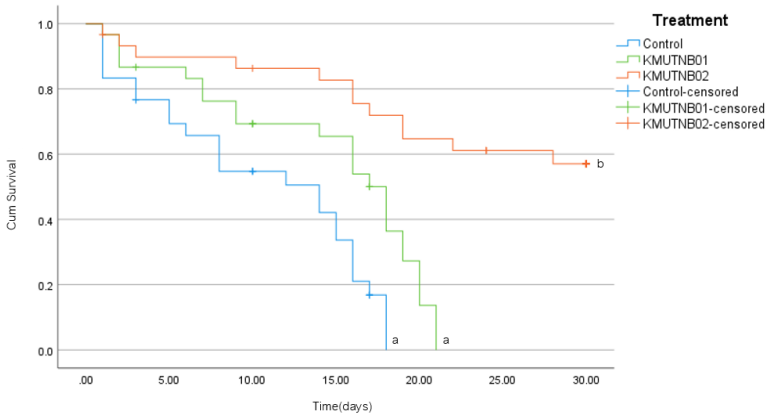


Fig. 1 Curve of survival rate when reared in cage under laboratory conditions (25±2 °C and 70%RH) for 30 days. The superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

ผลของอาหารเสริมต่อการพัฒนาของ hypopharyngeal gland ของชันโรงขนเงิน (T. pagdeni)

จากผลการทดลองผลของอาหารเสริมชันโรงขนเงินต่อการพัฒนาของ HPGs ของชันโรงขนเงิน (*T. pagdeni*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตร ควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 ร่วมกับการให้สารละลายซูโครสร้อยละ 50 โดยมวลต่อปริมาตร (Fig. 2) ผลการศึกษาพบว่า ในวันที่ 0 ขนาดเฉลี่ยของ acini ใน HPGs เฉลี่ยของชันโรงมีขนาดใกล้เคียงกัน โดยขนาดเฉลี่ยของ acini ใน HPGs ของชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตรควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 มีขนาดเท่ากับ 32.70±1.30, 35.70±3.20 และ 34.20±5.50 ไมโครเมตร ตามลำดับ ในวันที่ 3 ขนาดเฉลี่ยของ acini ใน HPGs ของชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตรควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 มีขนาด 35.72±2.60, 35.32±3.10, 41.72±2.70 และ 38.96±2.50 ไมโครเมตร ตามลำดับ ในวันที่ 10 ขนาดเฉลี่ยของ acini ใน HPGs ของชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตรควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 มีขนาด 37.13±1.20, 47.60±3.00, 45.23±1.50 และ 46.48±4.10 ไมโครเมตร ตามลำดับ ในวันที่ 17 ขนาดเฉลี่ยของ acini ใน HPGs ของชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตรควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 มีขนาด 26.84±1.60, 27.76±3.70, 48.85±4.70 และ 43.44±4.70 ไมโครเมตร ตามลำดับ จากผลการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าอาหารเสริมสูตร KMUTNB02 มีผลทำให้ขนาดของ acini ใน HPGs มีขนาดใหญ่ที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเสริมสูตร KMUTNB01 และชุดควบคุม ตามลำดับ

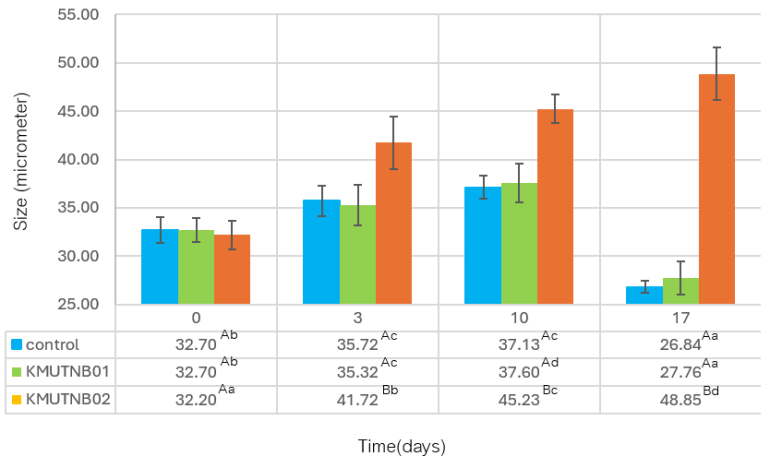
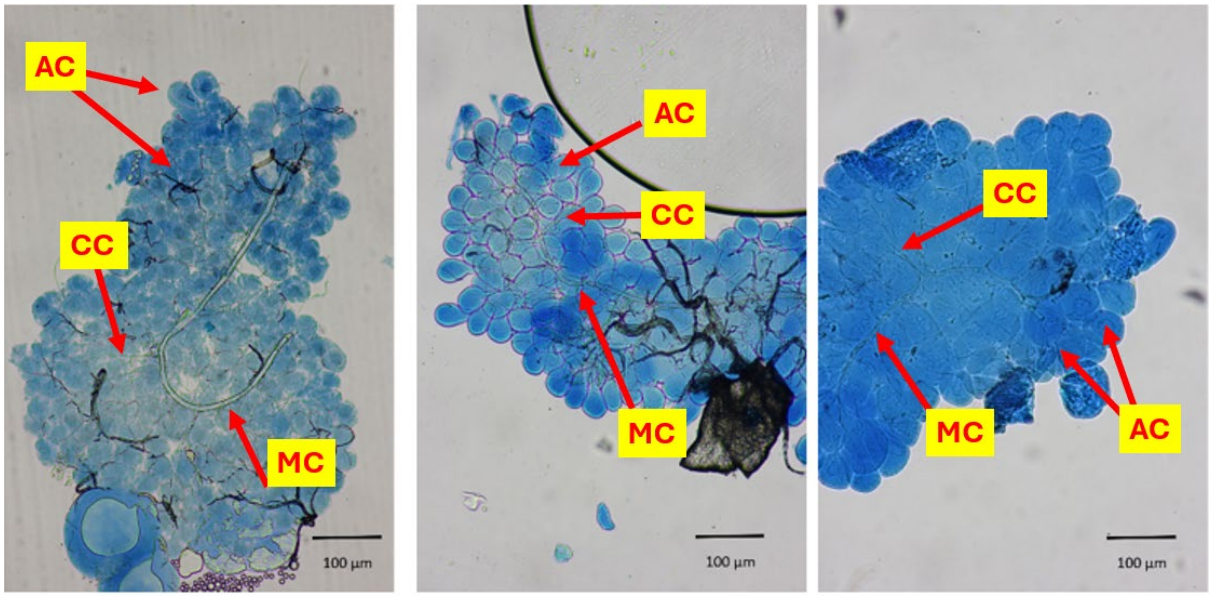


Fig. 2 Curve of hypopharyngeal gland size (μm) when reared in cage under laboratory conditions (25±2 °C and 70%RH) at 0, 3, 10 and 17days. Means (μm) are presented as mean±S.D. Means within each row followed by the same capital letter are not significantly different ($p > 0.05$) from each other. Means within each column followed by the same lower–case letter are not significantly different ($p > 0.05$) from each other.

อาหารเสริมสูตร KMUTNB02 ส่งผลให้ขนาดของ acini ใน HPGs มีขนาดใหญ่ รองลงมา คือ อาหารเสริมสูตร KMUYNB01 และสูตรควบคุม ตามลำดับ (Fig. 3) เมื่อเปรียบเทียบขนาดของ acini ใน HPGs ของชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมระหว่าง KMUTNB02 และ control ในวันที่ 17 พบว่า มีความแตกต่างของขนาด acini ใน HPGs ถึง 1.82 เท่า แสดงให้เห็นว่า ชนิดอาหารเสริมส่งผลต่อขนาดของ HPGs โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ *Zygosaccharomyces* sp. ที่ยังมีชีวิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vanessa et al. (2019) ที่พบว่า ขนาดของ acini ใน HPGs แปรผันตามคุณภาพของอาหาร โดยขนาดของ acini ใน HPGs สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของอาหารที่ชันโรงได้รับนั่นแสดงว่าอาหารเสริมสูตร KMUTNB02 ในงานวิจัยนี้ ที่มีปริมาณโปรตีนจากเกสรไมยราบและกากถั่วเหลือง และจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิต มีความสามารถในการพัฒนาและเพิ่มขนาดของ acini ใน HPGs ของชันโรงขนเงินได้ จึงการพัฒนาที่ดีของ HPGs จะช่วยให้ชันโรงขนเงินมีอัตราการรอดชีวิตที่สูงขึ้นด้วย



Control KMUTNB01 KMUTNB02

Fig.3 Characteristics of the hypopharyngeal gland of stingless bee (*T. pagdeni*) fed various dietary supplements for ten days under a microscope at 100x magnification (mc: main canal; cc: canal cells; ac: acini)

*ผลของอาหารเสริมต่อ*ปริมาณไขมันในร่างกายของชันโรงขนเงิน (*T. pagdeni*)

จากผลการทดลองการศึกษาผลของอาหารเสริมต่อปริมาณไขมันในร่างกายของชันโรงขนเงิน (*T. pagdeni*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตร ควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 ร่วมกับการให้สารละลายซูโครสร้อยละ 50 โดยมวลต่อปริมาตร (Fig. 4) ผลการศึกษาพบว่า ในวันที่ 0 ชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตรควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 ร่วมกับสารละลายซูโครสร้อยละ 50 โดยมวลต่อปริมาตร มีปริมาณไขมันในร่างกายเฉลี่ย 0.06±0.02, 0.06±0.01 และ 0.06±0.00 มิลลิกรัมต่อตัว ตามลำดับ ในวันที่ 3 ชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตร ควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 ร่วมกับสารละลายซูโครสร้อยละ 50 โดยมวลต่อปริมาตร มีปริมาณไขมันในร่างกายเฉลี่ย 0.06±0.02, 0.06±0.01 และ 0.08±0.00 มิลลิกรัมต่อตัว ตามลำดับ ในวันที่ 10 ชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตร ควบคุม, KMUTNB01 และ KMUTNB02 ร่วมกับสารละลายซูโครสร้อยละ 50 โดยมวลต่อปริมาตร มีปริมาณไขมันในร่างกายเฉลี่ย 0.08±0.02, 0.08±0.01 และ 0.10±0.01 มิลลิกรัมต่อตัว ตามลำดับ ในวันที่ 17 ชันโรงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตร ควบคุม , KMUTNB01, KMUTNB02 ร่วมกับสารละลายซูโครสร้อยละ 50 โดยมวลต่อปริมาตร มีปริมาณไขมันในร่างกายเฉลี่ย 0.08±0.02, 0.08±0.01 และ 0.11±0.01 มิลลิกรัมต่อตัว ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าการให้อาหารเสริมสูตร KMUTNB02 ส่งผลให้ชันโรงมีปริมาณไขมันในร่างกายมากที่สุด และอาหารเสริมสูตร KMUTNB01 และ ชุดควบคุม มีปริมาณไขมันในร่างกายน้อยลงมาตามลำดับ

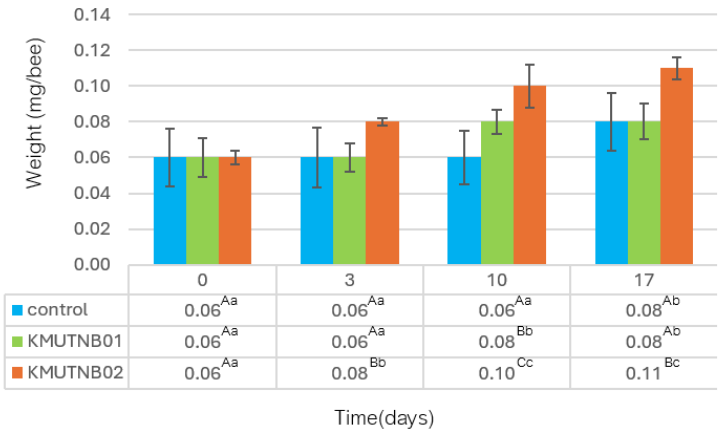


Fig. 4 Curve of the fat body when reared in cage under laboratory conditions (25±2°C and 70%RH) a 0, 3, 10 and 17 days. Means within each row followed by the same capital letter are not significantly (p > 0.05) from rach other. Means within each column followed by the same lower–case letter are not significantly different

(p > 0.05) from each other

สรุป

อาหารเสริมสูตร KMUTNB02 เป็นสูตรที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มอัตราการรอดชีวิต การพัฒนาของต่อม HPGs และปริมารของไขมันในร่างกายของชันโรงขนเงินในระดับห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม ควรมีการขยายขอบเขตการศึกษาประสิทธิภาพของอาหารเสริมในระดับแปลงทดลอง เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของอาหารเสริมในสภาวะจริง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมอุตสาหกรรมการเลี้ยงชันโรงในการป้องกันการล่มสลายของรังชันโรงขนเงินอันเนื่องมาจากการขาดแคลนอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝน หรือในระยะที่ขาดแคลนอาหารจากธรรมชาติ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนจากเกษตรกรผู้เลี้ยงชันโรงในพื้นที่จังหวัดระยอง และสมาชิก ScieeBeeLab คณะวิทยาศาสตร์ พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และทุกท่านที่กรุณามอบความรู้ คำแนะนำ และทรัพยากรจนงานสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. กลุ่มส่งเสริมส่งเสริมแมลงเศรษฐกิจ ชันโรง.
http://www.agriman.doae.go.th/home/news/2565/51stinglessbee.pdf, 18 สิงหาคม 2566.

ธีรพงษ์ อาจภักดี, อัญชลี สวาสดิ์ธรรม. 2564. ประสิทธิภาพการใช้ชันโรงขนเงิน (Tetragonula pagdeni Schwarz)
ในการผสมเกสรเมล่อนในสภาพโรงเรือน. วารสารแก่นเกษตร. 49(3): 701–710.

พิชญาดา เจริญจิต. 2562. ชันโรง หรือผึ้งจิ๋ว สุดยอดแมลงผสมเกสรพืช.
https://www.technologychaoban.com/agricultural–technology/article_71992, 15 สิงหาคม 2566.

สมนึก บุญเกิด, อรุณรัตน์ คมขัน. 2549. โครงการศึกษาอนุกรมวิธานชันโรงภาคใต้ของประเทศไทย.
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Gabriela, T.D.P., Cristiano, M., Mônica, T.P., Carlos, A.R. 2021. Stingless bees and microbial interactions. Curr. Opin. Insect Sci. 44:41–47.

Jehlík, T., Kodrík, D., Krištufek, V., Koubová, J., Sábová, M., Danihlík, J., čapková Frydrychová, R. 2019. Effects of Chlorella sp. on biological characteristics of the honey bee Apis mellifera. Apidologie. 50:564–577. doi.org/10.1007/s13592–019–00670–3.

Rahman, S., Thangkhiew, I., Hajong, S.R. 2014. Hypopharyngeal gland activity in task–specific workers under brood and broodless conditions in Apis cerana indica (Fab.). J. Apic. Sci. 58(2): 59–70. doi.org/10.2478/jas–2014–0022.

Selina, B., Lars, S., Peter, N., Geoffrey, R.W. 2023. Negative but antagonistic effects of neonicotinoid insecticides and ectoparasitic mites Varroa destructor on Apis mellifera honey bee food glands. Chemosphere. 313: 137535.

Vanessa, C.H., Lucy, A.S. 2018. Measuring Hypopharyngeal Gland Acinus Size in Honey Bee (Apis mellifera) Workers. J. Vis. Exp. 139, 58261.

Vanessa, C.H., Lucy, S., Charlotte, M. 2019. Fat body lipolysis connects poor nutrition to hypopharyngeal gland degradation in Apis mellifera. J. Insect Physiol. 116: 1–9.

ความหลากชนิดและความมากมายของผีเสื้อกลางคืนในช่วงฤดูฝนบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรัง สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

Species diversity and abundance of moths during rainy season in the dry dipterocarp forest at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima Province

พสธร น้อยมณีวงษ์*, **สุธีร์ ดวงใจ**, **วัฒนชัย ตาเสน**

Posatorn Noymaneewong*, Sutee Duangjai, Wattanachai Tasen

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Biological Science Forest, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: posatorn.no@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งสำรวจความหลากชนิดของผีเสื้อกลางคืนบริเวณป่าเต็งรังในช่วงฤดูฝนในพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้วิธีการวางกับดักแสงไฟและกับดักมุ้ง ดำเนินการระหว่างเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม พ.ศ. 2567 ผลการศึกษาพบผีเสื้อกลางคืน จำนวน 2,455 ตัว 383 ชนิด และ 27 วงศ์ โดยพบจำนวนชนิดในวงศ์ Erebidae มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาเป็นวงศ์ Geometridae, Crambidae และ Gelechiidae จำนวน 102, 63, 48, และ 34 ชนิด ตามลำดับ เปรียบเทียบค่าดัชนีความหลากชนิดแต่ละเดือนในช่วงฤดูฝน พบว่า เดือนกรกฎาคมมีค่าความหลากชนิดสูงสุด รองลงมาเป็นเดือนสิงหาคมและเดือนมิถุนายน มีค่า 4.43, 4.09 และ 3.86 ตามลำดับ ค่าความคล้ายคลึงของชนิดสูงสุดที่ร้อยละ 80 ระหว่างเดือนสิงหาคมและกันยายน แสดงให้เห็นว่าในช่วงเดือนดังกล่าวมีปัจจัยแวดล้อมบางประการที่มีความใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: การปรากฏ, ความมากมาย, ผีเสื้อกลางคืน, ระบบนิเวศ, ฤดูฝน

Abstract

This study aimed to investigate the species diversity of moths in the dry dipterocarp forest during the rainy season at the Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima Province. The study employed Light traps and Malaise traps and was conducted from June to October 2024. The results revealed a total of 2,455 individual moths, 383 species, and 27 families. The family Erebidae had the highest number of species, followed by Geometridae, Crambidae, and Gelechiidae with 102, 63, 48, and 34 species, respectively. Comparing Shannon - Weiner's diversity across months during the rainy season, July had the highest species diversity index, followed by August and June, with values of 4.43, 4.09, and 3.86, respectively. The highest species similarity of 80% was observed between August and September, indicating that environmental factors during these months were relatively similar.

Keywords: Abundance, Ecosystem, Moths, Occurrence, Rainy season

คำนำ

การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นพื้นฐานสำคัญของการรักษาสมดุลในระบบนิเวศ โดยเฉพาะผีเสื้อกลางคืน ซึ่งเป็นแมลงที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น การผสมเกสรพืช การย่อยสลายอินทรียวัตถุ และการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศ (ณิชานันท์ และพิสิษฐ์, 2559; ยุวภา และคณะ, 2563) เป็นต้น ผีเสื้อกลางคืนยังสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Bioindicator) เพื่อประเมินความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้ (Boonvanno et al., 2000; Ghazoul, 2002) ความแตกต่างของความหลากชนิดมีปัจจัยที่หลากหลายและซับซ้อน ฤดูกาลในแต่ละพื้นที่อาจมีความต่างกัน ซึ่ง Wankhade et al. (2021) ได้ศึกษาผีเสื้อกลางคืนในประเทศอินเดียพบว่าในช่วงฤดูฝนมีความหลากหลายมากที่สุดและ สอดคล้องกับ Intachat et al. (2001) ได้ทำการศึกษาความหลากหลายของผีเสื้อกลางคืนในป่าฝนเขตร้อนของประเทศมาเลเซีย พบว่า ในช่วงฤดูฝนเป็นช่วงที่ผีเสื้อกลางคืนมีความหลากหลายสูงสุดเช่นกัน เนื่องจากความเหมาะสมของปัจจัยแวดล้อม สภาพอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น และพืชอาหารของหนอนผีเสื้อกลางคืน จึงทำให้ประชากรของผีเสื้อกลางคืนกระจายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเป็นการเพิ่มความหลากหลายและจำนวนของผีเสื้อมากยิ่งขึ้น สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา เป็นพื้นที่ป่าเต็งรังที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงและเหมาะสมสำหรับการศึกษาผีเสื้อกลางคืน เนื่องจากป่าเต็งรังเป็นถิ่นอาศัยที่มีเอกลักษณ์และมีพืชอาหารหลากหลายที่ส่งผลต่อการกระจายและความหลากชนิดของผีเสื้อกลางคืน การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีเก็บตัวอย่างผีเสื้อกลางคืนด้วยกับดักแสงไฟและกับดักมุ้ง เพื่อรวบรวมข้อมูลความหลากชนิดในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงตุลาคมเพื่อเปรียบเทียบความมากมายและการปรากฏของผีเสื้อกลางคืน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรธรรมชาติในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการลงภาคสนาม ได้แก่ สวิงจับแมลง ขวดใส่ ethyl acetate ถุงซิปสำหรับเก็บตัวอย่างแมลง หลอดทดลองสำหรับเก็บตัวอย่างสดที่บรรจุ Alcohol 95% กับดักแสงไฟ (Light traps) และกับดักมุ้ง (Malaise traps) และ (2) อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ (Stereo microscope) ปากคีบ (Forceps) และ คอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิธีการ

การเก็บตัวอย่างผีเสื้อกลางคืน โดยใช้กับดัก 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 กับดักมุ้ง (Malaise trap) โดยตั้งกับดักในพื้นที่ป่าเต็งรังของสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จำนวน 10 จุด เป็นเวลา 2 คืน แล้วจึงมาเก็บตัวอย่างจากกับดัก และรูปแบบที่ 2 กับดักแสงไฟ (Light trap) ด้วยหลอดไฟ LED Blacklight จำนวน 5 ชุด โดยใช้เวลาเก็บตัวอย่าง 15 นาที ทุก 1 ชั่วโมงตั้งแต่เวลา 19.00–22.00 น. ทั้งหมด 4 ช่วง จากนั้นนำตัวอย่างของผีเสื้อกลางคืนที่จัดเก็บโดยใช้กับดักทั้งสองรูปแบบมาเก็บรักษาและจัดรูปร่างตัวอย่างของผีเสื้อกลางคืนให้คงสภาพสมบูรณ์ โดยเฉพาะตัวอย่างที่แช่อยู่ใน alcohol จากนั้นจำแนกโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอก (Morphology species) จากหนังสือของ Pinratana (2007) และหนังสือของ Triplehorn and Johnson (2005) สำหรับการจำแนกวงศ์ตามหลักการจำแนกด้วยสัณฐานวิทยาภายนอก และเว็บไซต์ https://www.inaturalist.org สำหรับเปรียบเทียบเพื่อระบุชนิดในห้องปฏิบัติการในลำดับถัดไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดผีเสื้อกลางคืน เพื่อหาค่าดัชนีความหลากชนิด Shannon - Weiner's index และค่าดัชนีความสม่ำเสมอ Evenness index และค่าดัชนีความคล้ายคลึงด้วยโปรแกรม R studio

ผลและวิจารณ์ผล

ความหลากชนิดของผีเสื้อกลางคืน

จากการศึกษาพบผีเสื้อกลางคืนทั้งหมด 2,455 ตัว 383 ชนิด ใน 27 วงศ์ (Table 1) วงศ์ที่พบจำนวนชนิดมากที่สุดคือ วงศ์ Erebidae พบจำนวน 102 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 26.63 ของจำนวนชนิดทั้งหมด รองลงมาเป็นวงศ์ Geometridae จำนวน 63 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 16.45 วงศ์ Crambidae จำนวน 48 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 12.53 และวงศ์ Gelechiidae จำนวน 34 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 8.88 ตามลำดับ ในส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดเป็นผีเสื้อกลางคืนในวงศ์ Lecithoceridae ซึ่งแม้จะมีเพียง 13 ชนิด แต่กลับพบจำนวนตัวสูงสุดถึง 635 ตัว คิดเป็นร้อยละ 25.87 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด รองลงมาเป็นวงศ์ Erebidae ที่พบจำนวนทั้งหมด 527 ตัว คิดเป็นร้อยละ 21.47 และวงศ์ Geometridae วงศ์ Gelechiidae และวงศ์ Crambidae พบ 324, 248 และ 196 ตัว คิดเป็น ร้อยละ 13.28, 10.10 และ 7.94 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ ณภาภัช และคณะ (2564) ที่สำรวจผีเสื้อลางคืนที่จังหวัดมหาสารคาม พบจำนวนชนิดของผีเสื้อกลางคืนในวงศ์ Crambidae มากกว่าวงศ์อื่น

Table 1 Number of individuals and species of moths in each family at dry dipterocarp forest, Sakaerat Environmental Research Station

No.	Families	Species	Individuals	%Species	%Individuals
1	Blastobasidae	1	1	0.26	0.04
2	Bombycidae	1	2	0.26	0.08
3	Cosmopterigidae	14	90	3.66	3.67
4	Crambidae	48	196	12.53	7.94
5	Deoressarriidae	1	1	0.26	0.04
6	Drepanidae	6	26	1.57	1.06
7	Erebidae	102	527	26.63	21.47
8	Gelechiidae	34	248	8.88	10.10
9	Geometridae	63	324	16.45	13.28
10	Gracillaridae	6	7	1.57	0.29
11	Lecithoceridae	13	635	3.39	25.87
12	Limacodidae	5	11	1.31	0.45
13	Noctuidae	18	121	4.70	5.34
14	Nolidae	6	18	1.57	0.73
15	Notodontidae	6	29	1.57	1.18
18	Pterophoridae	3	4	0.78	0.16
19	Pyralidae	14	30	3.66	1.30

Table 1 Number of individuals and species of moths in each family at dry dipterocarp forest, Sakaerat Environmental Research Station (Continued)

No.	Families	Species	Individuals	%Species	%Individuals
20	Sessiidae	1	1	0.26	0.04
21	Sphingidae	8	35	2.09	1.43
22	Thyrididae	4	8	1.04	0.33
23	Tineidae	6	11	1.57	0.45
24	Tortricidae	1	1	0.26	0.04
25	Uraniidae	10	51	2.61	2.04
26	Yponomeutidae	1	5	0.26	0.20
27	Zygaenidae	2	8	0.52	0.33
Total		383	2443	100.00	100.00

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิดในแต่ละเดือนพบว่าเดือนกันยายนมีจำนวนชนิดมากที่สุด จำนวน 138 ชนิด (Table 2) คิดเป็นร้อยละ 24.8 ของจำนวนชนิดทั้งหมด รองลงมา คือ เดือนกรกฎาคม สิงหาคม ตุลาคม และ มิถุนายน จำนวน 134, 108, 91 และ 78 ชนิด ตามลำดับ (Fig. 1) คิดเป็นร้อยละ 24.6,19.9, 16.80 และ 14.00 ตามลำดับของจำนวนชนิดทั้งหมดตามลำดับ เมื่อพิจารณาจำนวนตัวพบมากที่สุดในเดือนกันยายนเช่นกัน คิดเป็นร้อยละ 39.10 รองลงมา คือ เดือนกรกฎาคม ตุลาคม สิงหาคม และ มิถุนายน คิดเป็นร้อยละ 19.30,17.90, 13.40 และ 10.20 ตามลำดับ ในการสำรวจผีเสื้อกลางคืนของ ณภาภัช และคณะ (2564) บริเวณวัดป่าวังเกาะอีเก้ง จังหวัดมหาสารคาม พบจำนวนชนิดของผีเสื้อกลางคืนในเดือนพฤศจิกายนมากกว่าเดือนอื่น แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทั้งจำนวนชนิดและจำนวนตัวเป็นผลมาจากปัจจัยแวดล้อม ทั้งสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และฤดูกาลที่ส่งผลต่อการพบผีเสื้อในแต่ละพื้นที่อีกด้วย (กิตติ และคณะ, 2560)

Table 2 Number of species of moths in each month

Family	June	July	August	September	October
Cosmopterigidae	4	8	5	5	5
Crambidae	6	14	19	18	11
Erebidae	19	36	18	33	25
Gelechiidae	15	6	12	10	8
Geometridae	8	33	18	21	11
Lecithoceridae	1	7	8	11	8
Noctuidae	7	1	8	5	7
Pyralidae	3	1	4	7	5
Sphingidae	2	6	1	0	0
Uraniidae	0	2	3	6	2
Others	13	20	12	22	9
Total	78	134	108	138	91

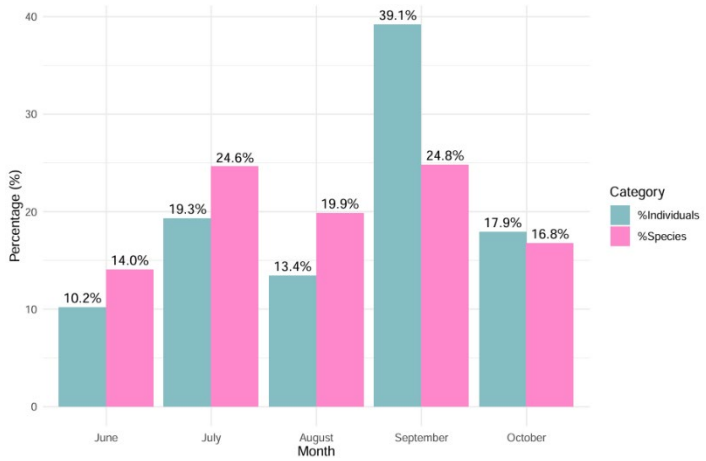


Fig. 1 Percentage of individuals and species of moths in each month

โครงสร้างทางสังคมของผีเสื้อกลางคืน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของในช่วงฤดูฝน พบว่า ในเดือนกรกฎาคมมีค่าดัชนี Shannon-Weiner's index สูงสุด เท่ากับ 4.43 รองลงมาคือ เดือนสิงหาคม มิถุนายน กันยายน และตุลาคม มีค่าเท่ากับ 4.09, 3.87, 3.71 และ 3.61 ตามลำดับ โดยชนิดผีเสื้อที่พบมากที่สุดในผีเสื้อกลางคืนวงศ์ Geometridae ได้แก่ *Ectropis bhurmitra*, *Pingasa ruginaria* และ *Hyposidra talaca* ในขณะที่ เดือนตุลาคมมีค่าดัชนี Shannon-Weiner's index ต่ำที่สุด เท่ากับ 3.61 (Table 3) ซึ่งแสดงถึงความมากมายและหลากหลายที่ลดลงเมื่อเทียบกับเดือนอื่น ๆ ซึ่งเป็นช่วงปลายของฤดูฝน สำหรับ Evenness index หรือดัชนีความสม่ำเสมอของการกระจายชนิดพันธุ์มีค่ามากที่สุดในเดือนกรกฎาคม มีค่าเท่ากับ 0.90 รองลงมา คือ เดือนมิถุนายน สิงหาคม ตุลาคม และกันยายน ที่มีค่าเท่ากับ 0.89, 0.87, 0.80 และ 0.75 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในเดือนกรกฎาคมการกระจายตัวของชนิดมีความสมดุลมากที่สุด ขณะที่เดือนกันยายนแสดงการกระจายตัวของชนิดที่ไม่สมดุลเท่ากับเดือนกรกฎาคม และสำหรับจำนวนชนิดทั้งหมด จากการพิจารณา Eveness index จะมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงการกระจายตัวของผีเสื้อกลางคืนในแต่ละช่วงเดือนมีการกระจายที่สม่ำเสมอกัน หรืออาจมีจำนวนในแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน จากการวิเคราะห์ในแต่ละเดือนพบว่ามีความสม่ำเสมอไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นเรศ และคณะ (2562) ที่รายงานค่า Shannon-Weiner's index และ Evenness index ในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพอากาศ การเกิดข้างขึ้นและข้างแรม อุณหภูมิความชื้นที่ส่งผลถึงความสามารถในการบินของผีเสื้อกลางคืน และพืชอาหารของหนอนผีเสื้อ ซึ่งในช่วงฤดูฝนเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมของผีเสื้อกลางคืนมากที่สุด

Table 3 Biodiversity indices across different timeframes

Month	Shannon - Weiner's index	Pielou's Evenness index (J')
June	3.87	0.89
July	4.43	0.90
August	4.09	0.87
September	3.71	0.75
October	3.61	0.80
Overall	3.94	0.84

การปรากฏของผีเสื้อกลางคืน

จากการวิเคราะห์การปรากฏพบว่าชนิดของผีเสื้อกลางคืนในแต่ละวงศ์มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงฤดูฝน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่พบน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 20) กลุ่มที่พบปานกลาง (ระหว่างร้อยละ 40–60) และกลุ่มที่พบมาก (มากกว่าร้อยละ 80) โดยกลุ่มผีเสื้อกลางคืนที่พบน้อย จำนวน 273 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 71.28 ของจำนวนชนิดผีเสื้อกลางคืนทั้งหมด ได้แก่ *Ischyja marapok* (Erebidae), *Europlema poecilaria* (Uraniidae) และ *Brunia antica* (Erebidae) เป็นต้น กลุ่มพบปานกลาง จำนวน 95 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 24.80 ของจำนวนชนิดผีเสื้อกลางคืนทั้งหมด ได้แก่ *Manulea fuscodorsalis* (Erebidae), *Protodeltote wiscotti* (Noctuidae) และ *Erebus hieroglyphica* (Erebidae) เป็นต้น และกลุ่มแมลงที่พบมาก จำนวน 14 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 3.66 เช่น *Torodora claustrata* (Lecithoceridae), *Ectropis bhurmitra* (Geometridae) และ *Heterostegane warren* (Geometridae) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันของชนิดผีเสื้อกลางคืนในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม พบว่า เดือนสิงหาคม และ กันยายน มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 80 แสดงถึงความคงที่ของชนิดผีเสื้อกลางคืนในช่วงนี้ ซึ่งอาจเกิดจากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของผีเสื้อกลางคืนในฤดูฝน ขณะที่ ความคล้ายคลึงระหว่างเดือนอื่น ๆ เช่น มิถุนายน-กรกฎาคม และกรกฎาคม-สิงหาคม มีค่าลดลงเท่ากับร้อยละ 47.10 และ 26.70 ตามลำดับ (Fig. 2) สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงชนิดพันธุ์ที่ชัดเจน อาจเกิดจากปัจจัยแวดล้อม เช่น ปริมาณฝนและความชื้น สำหรับเดือน ตุลาคม มีค่าความคล้ายคลึงกับเดือนอื่นต่ำสุด โดยเฉพาะกับสิงหาคม เท่ากับร้อยละ 22.20 และกันยายน เท่ากับร้อยละ 31.60 บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงชนิดผีเสื้อกลางคืนที่เด่นชัด เนื่องจากเป็นช่วงสิ้นสุดฤดูฝน แสดงให้เห็นว่าความหลากชนิดของผีเสื้อกลางคืนมีความเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยเฉพาะในช่วงเปลี่ยนผ่านฤดู ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในพื้นที่ป่าเต็งรัง

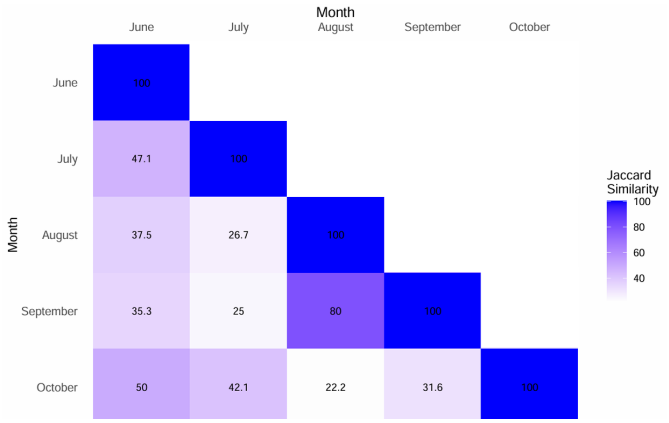


Fig. 2 Heatmap monthly of similarity index of moths in each month

สรุป

การศึกษาความหลากหลายของผีเสื้อกลางคืนในป่าเต็งรังบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงฤดูฝนพบผีเสื้อกลางคืนทั้งหมด 2,455 ตัว แบ่งออกเป็น 383 ชนิดจาก 27 วงศ์ โดยวงศ์ Erebidae มีจำนวนชนิดมากที่สุด (102 ชนิด) รองลงมาคือ วงศ์ Geometridae, Crambidae และ Gelechiidae ซึ่งมีจำนวน 63, 48 และ 34 ชนิด ตามลำดับ ส่วนจำนวนตัวผีเสื้อกลางคืนในวงศ์ Lecithoceridae พบจำนวนตัวมากที่สุด รองลงมาเป็นวงศ์ Erebidae คิดเป็นร้อยละ 25.87 และ 21.47 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด การวิเคราะห์ความหลากชนิดพบว่าเดือนกรกฎาคมมีค่าความหลากชนิดสูงสุด (4.43) รองลงมาคือเดือนสิงหาคม (4.09) เดือนมิถุนายน (3.86) เดือนกันยายน (3.71) และเดือนตุลาคม (3.61) โดยเดือนสิงหาคมกับกันยายนมีค่าความคล้ายคลึงของชนิดสูงสุดที่ร้อยละ 80

แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยแวดล้อมในช่วงสองเดือนนี้มีความใกล้เคียงกัน ทำให้ความหลากชนิดของผีเสื้อกลางคืนแตกต่างกันตามฤดูกาล โดยเฉพาะในช่วงเปลี่ยนผ่านฤดู และสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ รวมถึงสนับสนุนข้อมูลพื้นฐานในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนในการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ ทุนการศึกษาดังกล่าวมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมและช่วยให้ผลงานวิจัยนี้สำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด

อ้างอิง

กิตติ ตันเมืองปัก, ชุลีพร ขันทวี, อติพร สหสมบูรณ์, พรชนก บุญลับ, ประยูร ชุ่มมาก. 2060. ความหลากชนิดของผีเสื้อกลางคืน ในเขตวนอุทยานผางาม จังหวัดเลย. ใน: งานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยกำแพงเพชร, กำแพงเพชร, หน้า 312–320.

ณิชานันท์ แดงรอด, พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ. 2559. ความหลากชนิดของผีเสื้อกลางคืนบริเวณพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก. ใน: การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 12. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก , หน้า 104–108.

นเรศ ขวัญทอง, อเนก สาวะอินทร์, กัญญาภัค ศรีสุข. 2562. วิธีการระบุสัณฐานวิทยาของผีเสื้อกลางคืนด้วยการประมวลผลภาพสัญญาณดิจิตอล. ใน: การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ครั้งที่ 4 และการประชุมระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 1 “การยกระดับงานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน”, หน้า 7.

ยุวภา ตะระชู, วรฤทัย วังคีรี, ศิรินญา กองแก้ว, อรวรา แรงสาริกิจ, กิตติ ตันเมืองปัก. 2563. ความหลากชนิดและความชุกชุมของผีเสื้อกลางคืน วงศ์ผีเสื้อขาหน้าพู่ ในแนวป่าข้างทางบริเวณห้วยนาหมานตอนบน อำเภอเมือง จังหวัดเลย. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 2 “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อชุมชน”. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, เลย, หน้า 107–114.

Boonvanno, K., Watanasit, S., Permkam, S. 2000. Butterfly diversity at Ton Nga-Chang wildlife sanctuary, Songkhla province, Southern Thailand. Sci. Asia. 26: 105–110.

Ghazoul, J. 2002. Impact of logging on the richness and diversity of forest butterflies in a tropical dry forest in Thailand. Biodiversity and Conservation.1: 521–541.

Intachat, J., Holloway, J.D., Staine, H. 2001. Effects of weather and phenology on the abundance and diversity of geometroid moths in a natural Malaysian tropical rain forest. J. Trop. Ecol.17(3): 411–429.

Pinratana, A. 2007. Moth of Thailand. St. Gabriel’s College, Samsen Road. Bangkok.

Triplehorn, C.A., Johnson, N.F., Borror, D.J. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thomson Learning, Singapore.

Wankhade, L.N., Bidwai, P.A., Bhonde, R.S., Kadwe, M.M. 2021. A study on the moth (Insects: Lepidoptera: Heterocera) diversity during the rainy season from Tirora, District Gondia, Maharashtra. J. Entomol. Zool. Stud. 9(6): 93–96.

ความหลากชนิดของนกที่มีความสัมพันธ์กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ณ ตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม

Diversity of bird species related to land use type at Chuenchome Sub-district, Chuenchome District, Maha Sarakham Province

ณัฐพัชร์ แสงคำภา, ฉัตรพรรษ พงษ์เจริญ, นันทิดา สุธรรมวงศ์*

Natthaphat Sangkampa, Chattraphas Phongcharoen, Nantida Sutummawong*

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author's E–mail: ffornis@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ความหลากชนิดของนกสะท้อนถึงความสมบูรณ์ของระบบนิเวศและความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยได้มีการศึกษาความหลากชนิดของนกในตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม เพื่อเป็นฐานข้อมูลและทำความเข้าใจสภาพพื้นที่ ระบบนิเวศที่นกแต่ละชนิดเลือกใช้ประโยชน์ ทำการสำรวจในช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2567 ด้วยวิธีจุดกำหนด (point count) ครอบคลุม 20 จุดสำรวจ สำรวจในช่วงเช้าและช่วงบ่าย ผลการศึกษาพบนก 14 อันดับ 38 วงศ์ 86 ชนิด โดยเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองถึง 82 ชนิด พบความหลากชนิดของนกสูงสุดที่พื้นที่ชุ่มน้ำ 65 ชนิด (H' = 3.56) รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรม 50 ชนิด (H' = 3.46) พื้นที่ป่าธรรมชาติ 31 ชนิด (H' = 3.00) และพื้นที่ชุมชน 29 ชนิด (H' = 2.66) ทั้งนี้ พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุ่มน้ำมีค่าความคล้ายคลึงของชนิดนกสูงที่สุด (0.6609) โดยพบชนิดนกที่เหมือนกัน 38 ชนิด ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมในฐานะเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของนกหลากหลายชนิด การอนุรักษ์พื้นที่เหล่านี้ ควบคู่กับการส่งเสริมเกษตรที่ยั่งยืนและสร้างความตระหนักในชุมชน จะช่วยสนับสนุนการอนุรักษ์นกและความหลากหลายทางชีวภาพในระยะยาว

คำสำคัญ: การใช้ที่ดิน, การอนุรักษ์นก, ความหลากชนิดของนก, พื้นที่ชุ่มน้ำ, มหาสารคาม

Abstract

The diversity of bird species reflects the integrity of the ecosystem and its relationship with land use. A study on the diversity of birds in Chuen Chom Subdistrict, Chuen Chom District, Maha Sarakham Province, was conducted to create a database and understand the conditions of the area and the ecosystems that each bird species utilizes. Conducted surveys during the dry season of 2024 using the point count method, covering 20 survey points, in both the morning and afternoon. The study found 14 orders, 38 families, and 86 species of birds, with 82 species being protected wildlife. The highest bird diversity was observed in the wetland area with 65 species (H' = 3.56), followed by the agricultural area with 50 species (H' = 3.46), the natural forest area with 31 species (H' = 3.00), and the community area with 29 species (H' = 2.66). The agricultural areas and wetlands have the highest similarity index for bird species (0.6609), with 38 species found to be the same. The study results highlight the importance of wetlands and agricultural areas as habitats for various bird species. The conservation of these areas, along with the promotion of sustainable agriculture and raising awareness in the community, will help support the conservation of birds and biodiversity in the long term.

Keywords: Bird conservation, Bird diversity, Land use, Maha Sarakham, Wetlands

คำนำ

นกเป็นสัตว์ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศ โดยทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลของประชากรสัตว์ขนาดเล็ก เช่น แมลง และยังเป็นผู้กระจายเมล็ดพันธุ์ที่ช่วยในการฟื้นฟูและขยายพันธุ์พืช นกมีบทบาทในการควบคุมศัตรูพืช (วีรยุทธ์, 2528; โอภาส, 2541) และเป็นสัญญาณบ่งบอกถึงสุขภาพของระบบนิเวศ เนื่องจากความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม (McKinney, 2008) นอกจากนี้ นกยังสามารถเป็นพาหะนำโรคได้ เนื่องจากการเดินทางที่ไกลและการเลือกใช้พื้นที่ที่หลากหลาย ทำให้นกตัวชี้วัดที่สำคัญในการบ่งบอกความหลากหลายของระบบนิเวศและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่นั้น ๆ

สำหรับตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม ในพื้นที่นี้มีการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่หลากหลายรูปแบบ เช่น การเกษตร การทำสวน และพื้นที่ป่าไม้ และมีการสังเกตว่ามีนกหลายชนิด แต่ไม่มีข้อมูลถึงชนิดนกในพื้นที่นี้เลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจากพื้นที่ป่าไม้ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นพื้นที่เกษตรกรรม รวมถึงการพัฒนาอื่น ๆ ซึ่งในพื้นที่ที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่ขาดข้อมูลเหล่านี้ การศึกษาความหลากชนิดของนกในแต่ละประเภทพื้นที่จึงมีความสำคัญ เพื่อเข้าใจระบบนิเวศที่มีผลต่อการเลือกใช้ประโยชน์ของนก เป็นแนวทางในการอนุรักษ์นกและระบบนิเวศในพื้นที่ และเพื่อประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับกฎหมายคุ้มครองสัตว์ป่า

การศึกษาโครงงานครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดนก สถานภาพทางกฎหมาย สถานภาพการถูกคุกคาม การอพยพ ความหลากหลายทางชีวภาพ และความคล้ายคลึงของชนิดนกในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อทำความเข้าใจสภาพพื้นที่และระบบนิเวศที่นกแต่ละชนิดเลือกใช้ประโยชน์ในพื้นที่ตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม ช่วยให้เราได้เผยแพร่และส่งเสริมให้เกิดความตระหนักรู้เกี่ยวกับสถานภาพของนกในพื้นที่ เพื่อลดปัจจัยคุกคามที่ส่งผลต่อนก ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการรักษาสมดุลของธรรมชาติ ตลอดจนสนับสนุนการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนที่คำนึงถึงความหลากหลายทางชีวภาพและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ในภาคสนาม ได้แก่ กล้องส่องทางไกลแบบสองตา (Binocular) โทรศัพท์มือถือเพื่อบันทึกพิกัด กล้องถ่ายภาพพร้อมอุปกรณ์ สมุด และอุปกรณ์จดบันทึก (2) คู่มือจำแนกชนิดนก เช่น การจำแนกชนิดตามหนังสือนกเมืองไทย (จารุจินต์ และคณะ, 2555) และ (3) โปรแกรม Excel, google earth และ โปรแกรม R Studio

วิธีการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของแผนที่ โดยพื้นที่ตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม มีขอบเขตเนื้อที่ 35,315 ไร่ หรือ 56.5 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มและเกษตรกรรม มีคลอง หนองน้ำ และมีป่าธรรมชาติ (Fig. 1) มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นโดยมีฤดูฝนและฤดูแล้ง อุณหภูมิเฉลี่ยของอำเภอชื่นชม 36–37 องศาเซลเซียส ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวและดินร่วน (มหาสารคาม, 2565; Prasertes, 2565) จากนั้นกำหนดจุดสำรวจ (Point count) ตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทละ 5 จุดสำรวจ คือ พื้นที่ชุมชน (Urban) พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) และพื้นที่ป่าธรรมชาติ (Forest) รวมทั้งสิ้น 20 จุด แต่ละจุดห่างกันอย่างน้อย 100 เมตร (Fig. 2)

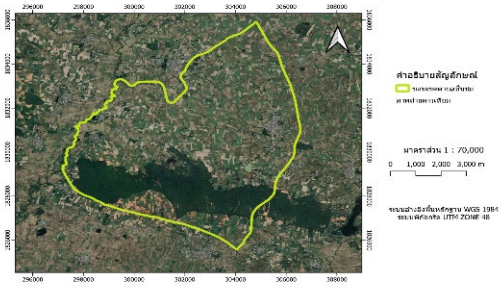


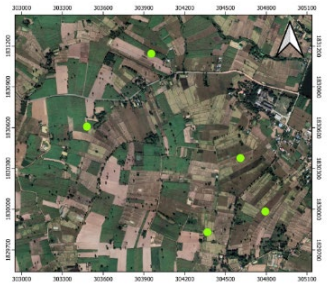
Fig. 1 The boundaries of Chuen Chom Subdistrict, Chuen Chom District, Maha Sarakham Province



(A) Survey points in the urban site



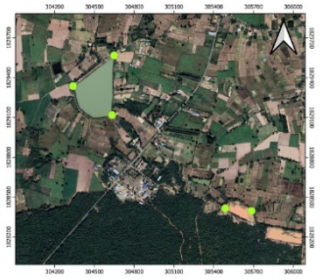
(B) The environment of the urban site



(C) Survey points in the agriculture site



(D) The environment of the agriculture site



(E) Survey points in the wetland site



(F) The environment of the wetland site

Fig. 2 Point count locations and characteristics of study sites

สำรวจประเภทละ 11 ครั้ง โดยใช้กล้องส่องทางไกลแบบสองตา (binoculars) และกล้องฟิล์ม บันทึกข้อมูลชนิดนกและจำนวนตัวจากการพบเห็นตัวโดยตรงหรือได้ยินเสียงร้องที่พบในรัศมี 50 เมตร จากจุดสำรวจ และพบเห็นระหว่าง

ทางทำการบันทึกในบัญชีรายชื่อ โดยการสำรวจแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือช่วงเช้า 06.00–09.00 น. และช่วงบ่าย 15.00–18.00 น. ทำการสำรวจจุดละ 10 นาที (สาลินี และศิริวรรณ, 2558; ศุภรัตน์ และคณะ, 2562)

การวิเคราะห์ผล

จำแนกชนิดตามหนังสือนกเมืองไทย (จารุจินต์ และคณะ, 2555) บัญชีรายชื่อนกที่สำรวจพบในพื้นที่การศึกษาและในบัญชีรายชื่อนกมีข้อมูลสถานภาพตามกฎหมาย สถานภาพการคุกคามทั้งไทยและในโลก และการอพยพของนก (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560; IUCN, 2024) จากนั้น วิเคราะห์ความหลากหลายทางชีวภาพ (Shannon diversity index) ของนกในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม โดยโปรแกรม R Studio packages ("vegan") (Shannon, 1948; R Development Core Team, 2008; Oksanen et al., 2018; Kraichak, 2023) และวิเคราะห์ความคล้ายคลึง (Sorensen's Similarity Index) ของชนิดนกในพื้นที่ตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม โดยโปรแกรม R Studio packages "vegan" (R Development Core Team, 2008)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ชนิด สถานภาพตามกฎหมาย สถานภาพการถูกคุกคาม และการอพยพของนก ตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการศึกษาความหลากชนิดของนกในพื้นที่ตำบลชื่นชม อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 พบนกทั้งหมด 14 อันดับ 38 วงศ์ 86 ชนิด (Appendix Table 1) โดยอันดับนกจับคอน (Passeriformes) เป็นอันดับที่พบนกมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ อันดับนกพิราบ (Columbiformes) และอันดับนกกระทุง (Pelecaniformes) แต่ละพื้นที่พบชนิดนกดังนี้ พื้นที่ชุ่มน้ำพบนกมากที่สุด 65 ชนิด พื้นที่เกษตรกรรม 50 ชนิด พื้นที่ป่าธรรมชาติ 31 ชนิด และพื้นที่ชุมชนพบนกน้อยที่สุด 29 ชนิด (Table 1) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์จากที่ดินมีจำนวนชนิดของนกที่แตกต่างกัน ซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของสภาพแวดล้อมในการกำหนดชนิดและจำนวนของนกในแต่ละพื้นที่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ โดม และอมรพงษ์ (2565) และชัยวัฒน์ (2542) ที่พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีจำนวนชนิดนกมากกว่าพื้นที่ชุมชน เนื่องจากนกแต่ละชนิดเลือกใช้ประโยชน์จากพื้นที่และที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบนิเวศและทรัพยากรในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ยังไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลลยา และรัชต (2560) ที่พบว่า จำนวนชนิดของนกในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์จากที่ดินมีความใกล้เคียงกัน โดยพื้นที่หนองกอมเกาะ หนองสางนกแซว และหนองกวก มีจำนวนชนิดนก 31, 34 และ 33 ชนิด ตามลำดับ ซึ่งอาจเกิดจากระบบนิเวศที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในแต่ละพื้นที่ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบนิเวศในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากแม้การใช้ประโยชน์ที่ดินจะต่างกัน แต่หากระบบนิเวศคล้ายกัน ก็อาจทำให้จำนวนชนิดของนกใกล้เคียงกันได้

สถานภาพของนกที่พบในพื้นที่ทั้ง 86 ชนิด แบ่งเป็น 3 กลุ่ม (Table 1) คือ (1) สถานภาพตามกฎหมายตาม พระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2562 แบ่งได้เป็น 2 สถานภาพ ได้แก่ ไม่เป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง 4 ชนิด ได้แก่ นกพิราบป่า (*Columba livia*) นกเขาใหญ่ (*Spilopelia chinensis*) นกเขาชวา (*Geopelia striata*) และนกกระจอกบ้าน (*Passer montanus*) และเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง 82 ชนิด โดยพื้นที่ชุ่มน้ำพบนกที่เป็นสัตว์ป่าคุ้มครองมากที่สุด จำนวน 62 ชนิด (2) สถานภาพการถูกคุกคาม ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ สถานภาพการถูกคุกคามตามฐานข้อมูลชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทย โดยเกณฑ์ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2565)

ผลการศึกษาพบนกที่อยู่ในสถานภาพใกล้ถูกคุกคาม (Near Threatened–NT) ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ นกอีลุ้ม (*Gallicrex cinerea*) นกแอ่นทุ่งเล็ก (*Glareola lactea*) เหยี่ยวขาว (*Elanus caeruleus*) นกกระติ๊ดสีอิฐ (*Lonchura atricapilla*) และนกกระติ๊ดแดง (*Amandava amandava*) นกที่อยู่ในสถานภาพกลุ่มที่เป็นกังวลน้อยที่สุด (Least Concern–LC) ทั้งหมด 80 ชนิด และอีก 1 ชนิด ไม่ได้รับการจัดสถานภาพการถูกคุกคามของประเทศไทย (Not Evaluated–NE) คือ นกพิราบป่า (*Columba livia*) โดยพื้นที่ชุ่มน้ำพบนกที่อยู่ในสถานภาพใกล้ถูกคุกคาม (Near Threatened–NT) มากที่สุด และสถานภาพการถูกคุกคามระดับโลก ตามเกณฑ์การจำแนก IUCN Red List of Threatened Species (IUCN, 2024) พบว่านกส่วนใหญ่ที่อยู่ในสถานภาพกลุ่มที่เป็นกังวลน้อยที่สุด (Least Concern–LC) จำนวนทั้งหมด 83 ชนิด และอีก 3 ชนิด ไม่ได้รับการจัดสถานภาพการถูกคุกคามในระดับโลก (Not Evaluated–NE) ได้แก่ นกยางควาย (*Bubulcus coromandus*) นกปรอดสวน (*Pycnonotus conradi*) และนกยอดหญ้าหัวดำ (*Saxicola stejnegeri*) พบว่า นกบางชนิดแม้ว่าจะถูกจัดให้อยู่ในสถานภาพใกล้ถูกคุกคาม แต่ก็มีความเสี่ยงสูงต่อการสูญเสียประชากรมากขึ้นเรื่อย ๆ เช่น นกในวงศ์นกกระติ๊ด (Family Estrildidae) เช่นนกกระติ๊กขี้หมู (*Lonchura punctulate*) หรือนกกระติ๊ดแดง พบว่าถูกจับนำไปขายเพื่อเป็นนกปล่อยตามวัดและสถานที่ทำบุญต่างๆ จำนวนมาก 3) สถานภาพตามฤดูกาล จำแนกตามหนังสือคู่มือนกเมืองไทย จากการปรากฏตัวของนกแต่ละชนิดในพื้นที่ (จารุจินต์ และคณะ, 2555) จำแนกได้เป็น นกประจำถิ่น (Resident–R) ทั้งหมด 58 ชนิด นกอพยพย้ายถิ่นในฤดูหนาว (Winter visitor– W) 7 ชนิด นกอพยพผ่าน (Passage migrant–P) 1 ชนิด ได้แก่ นกจับแมลงตะโพกเหลือง (*Ficedula zanthopygia*) และนกอพยพเข้ามาทำรังวางไข่ (Breeding visitor–B) 2 ชนิด ได้แก่ นกยางดำ (*Ixobrychus flavicollis*) และนกอีลุ้ม (*Gallicrex cinerea*) โดยส่วนใหญ่ของนกที่พบเป็นนกประจำถิ่น ซึ่งมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ตลอดปี เช่น นกกินปลีอกเหลือง (*Nectarinia jugularis*) ซึ่งช่วยผสมเกสรดอกไม้ และนกกินแมลงนกกระจิบหญ้าสีเรียบ (*Prinia inornata*) ที่ช่วยควบคุมประชากรแมลง

Table 1 Number of species, legal status, threatened species status, and seasonality status

Land use type	Total	Found only in the area	Legal status		Threatened in Thailand			IUCN Red List			Seasonality status			
			P	NP	NT	LC	NE	NT	LC	NE	R	W	P	B
Urban	29	4	26	3	–	28	1	–	28	1	26	1	–	–
Agriculture	50	8	48	2	3	46	1	–	48	2	42	3	–	1
Wetland	65	19	62	3	4	60	1	–	63	2	43	5	1	2
Forest	31	5	30	1	–	31	–	–	30	1	22	1	1	–
All area	86	–	82	4	5	80	1	–	83	3	58	7	1	2

Note: Legal status: P=Protected, NP=Non–Protected; Threatened in Thailand/ IUCN Red List: NT=Near Threatened, LC=Least Concern, NE=Not Evaluated; Seasonality status; R=Resident, W=Winter visitor, P=Passage visitor, B=Breeding visitor

ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ

ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพตามสูตรของ Shannon diversity index (*H'*) พบว่าพื้นที่ชุ่มน้ำมีค่าความหลากหลายสูงสุดที่ 3.56 ซึ่งบ่งชี้ถึงความหลากชนิดของนกที่มากที่สุด รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม (3.46) พื้นที่ป่าธรรมชาติ (3.00) และพื้นที่ชุมชน (2.66) ซึ่งค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความแตกต่างกัน การค้นพบนี้ยืนยันถึงความสำคัญของสมดุลระบบนิเวศที่มีผลต่อชนิดและจำนวนของนกในพื้นที่นั้น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ โดม และอมรพงษ์ (2565) ที่ระบุว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีค่า Shannon diversity index มากกว่า

พื้นที่ชุมชน 3.361 และ 3.143 ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นผลจากการสำรวจในพื้นที่ที่มีระบบนิเวศแตกต่างกัน ส่งผลให้ชนิดและจำนวนของนกในแต่ละพื้นที่ไม่เหมือนกัน โครงสร้างของแต่ละพื้นที่จึงสร้างแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ ผลการศึกษาขัดแย้งกับผลงานวิจัยของ กัลลยา และรัชต (2560) ที่พบว่า ค่า Shannon diversity index ในแต่ละพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกัน โดยพื้นที่หนองกอมเกาะ หนองสางนกแซว และหนองกวก ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพเท่ากับ 2.848, 2.68 และ 2.67 ตามลำดับ ซึ่งมีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน ได้แก่ นาข้าว บ่อปลา พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ อาจเป็นเพราะการสำรวจในพื้นที่ที่มีลักษณะระบบนิเวศใกล้เคียงกัน ทำให้กลุ่มนกในพื้นที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์จากที่ดินและแหล่งอาหารที่คล้ายคลึงกัน ผลการศึกษานี้ย้ำถึงความสำคัญของค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพที่สะท้อนสมดุลของระบบนิเวศและปัจจัยที่กำหนดการกระจายตัวของนกในพื้นที่ที่ศึกษา

ความคล้ายคลึงของชนิดนกในการเลือกใช้ประโยชน์พื้นที่

ในการสำรวจนกในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่ป่าธรรมชาติ (Table 1) พบนกทั้งสิ้น 86 ชนิด โดยมีนกจำนวน 10 ชนิด ที่พบปรากฏในทุกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น นกแอ่นตาล (*Cypsiurus balasiensis*) นกจาบคาเล็ก (*Merops orientalis*) นกอีแพรดแถบอกดำ (*Rhipidura javanica*) เป็นต้น ชนิดที่พบเฉพาะพื้นที่ (Species found only in the area) พื้นที่ชุมชน 4 ชนิด เช่น นกกระจอกบ้าน (*Passer montanus*) นกกินปลีคอสีน้ำตาล (*Anthreptes malacensis*)เป็นต้น พื้นที่เกษตรกรรม 8 ชนิด เช่น นกแอ่นทุ่งเล็ก (*Glareola lactea* นกกิ้งโครงคอดำ (*Gracupica nigricollis*) เป็นต้น พื้นที่ชุ่มน้ำ 19 ชนิด เช่น เป็ดแดง (*Dendrocygna javanica*) เป็ดคับแค (*Nettapus coromandelianus*) เป็นต้น พื้นที่ป่าธรรมชาติ 5 ชนิด เช่น นกตบยุงหางยาว (*Caprimulgus macrurus*) นกแซงแซวหงอนขน (*Dicrurus hottentottus*) เป็นต้น

การศึกษาใช้ดัชนีความคล้ายคลึงของชนิดนกในการเลือกใช้ประโยชน์จากพื้นที่ต่าง ๆ โดยใช้ Sorensen's Similarity Index พบว่า ทุกพื้นที่มีความคล้ายคลึงของชนิดนกในระดับปานกลาง (Fig. 3) โดยพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุ่มน้ำมีค่าความคล้ายคลึงสูงสุดที่ 0.6609 พบชนิดนกที่เหมือนกันในทั้งสองพื้นที่จำนวน 38 ชนิด เช่น นกกาน้ำเล็ก (*Microcarbo niger*) และนกยางกรอกพันธุ์จีน (*Ardeola bacchus*) ซึ่งสะท้อนถึงการกระจายตัวที่คล้ายคลึงกันในสองพื้นที่นี้ ในขณะที่พื้นที่ชุมชนและพื้นที่ป่าธรรมชาติมีค่าความคล้ายคลึงต่ำสุดที่ 0.4333 พบชนิดนกที่เหมือนกันจำนวน 13 ชนิด เช่น นกแอ่นตาล (*Cypsiurus balasiensis*) และนกกาเหว่า (*Eudynamys scolopaceus*) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการกระจายตัวของชนิดนกระหว่างสองพื้นที่ที่มีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การใช้ประโยชน์แต่ละประเภทมีความคล้ายคลึงกันในชนิดนกที่แตกต่างกัน สะท้อนถึงความสำคัญของสภาพแวดล้อมและปัจจัยด้านนิเวศในการกำหนดชนิดและจำนวนของนกในพื้นที่นั้น ๆ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ โดมและอมรพงษ์ (2565) ที่พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชน มีค่าความคล้ายคลึงที่ 0.621 ซึ่งมากกว่าพื้นที่ชุมชนกับพื้นที่ป่าธรรมชาติ นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้ยังแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากปัจจัยนิเวศที่มีต่อการกระจายตัวของนกในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลลยา และรัชต (2560) ที่พบว่า ความคล้ายคลึงของชนิดนกในพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างหนองกอมเกาะและหนองสางนกแซว (ดัชนีความคล้ายคลึงกันเท่ากับ 0.677) ระหว่างหนองกอมเกาะและหนองกวก (ดัชนีความคล้ายคลึงกันเท่ากับ 0.688) และระหว่างพื้นที่หนองสางนกแซวและหนองกวก (ดัชนีความคล้ายคลึงกันเท่ากับ 0.597) อาจเกิดจากการสำรวจในพื้นที่ที่มีลักษณะการกระจายของชนิดนกใกล้เคียงกัน ซึ่งส่งผลให้นกที่ใช้ประโยชน์จากพื้นที่มีความคล้ายคลึงกัน ผลการศึกษานี้สะท้อนถึงความสำคัญของการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืนเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในอนาคต

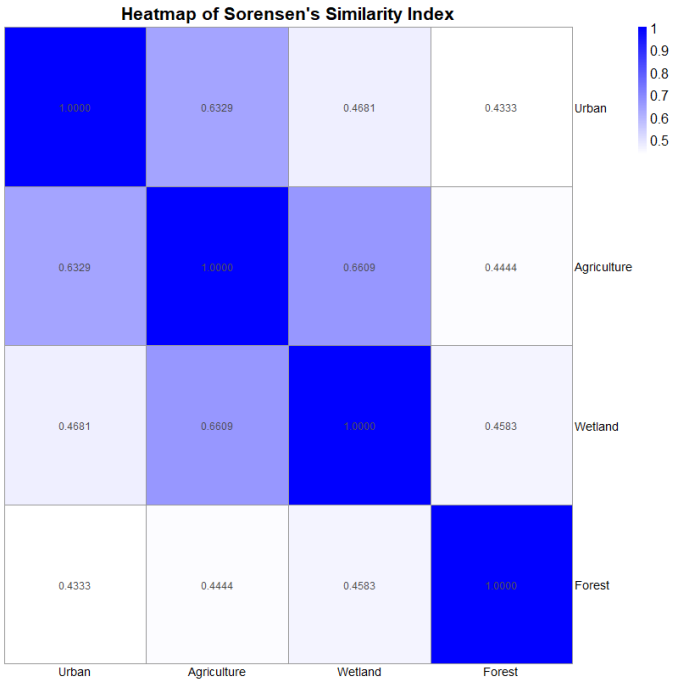


Fig. 3 Compare the Sorensen's Similarity Index of bird species in each type of land use

สรุป

การศึกษาความหลากหลายของนกในพื้นที่ต่าง ๆ พบว่า มีนกทั้งหมด 14 อันดับ 38 วงศ์ 86 ชนิด โดยอันดับที่พบนกมากที่สุดคือ อันดับนกจับคอน (Passeriformes) รองลงมาคือ อันดับนกพิราบ (Columbiformes) และอันดับนกกระทุง (Pelecaniformes) ในการเปรียบเทียบจำนวนชนิดนกที่พบในแต่ละพื้นที่ พบว่า พื้นที่ชุ่มน้ำมีจำนวนชนิดนกมากที่สุด (65 ชนิด) รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม (50 ชนิด) พื้นที่ป่าธรรมชาติ (31 ชนิด) และพื้นที่ชุมชน (29 ชนิด) นอกจากนี้ สถานภาพตามกฎหมายพบว่า 82 ชนิดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง อีก 5 ชนิดมีสถานภาพใกล้ถูกคุกคามในไทย และพบว่ามีนกประจำถิ่นทั้งหมด 58 ชนิด และนกอพยพ 7 ชนิด การวัดความหลากหลายทางชีวภาพโดยใช้ค่า Shannon diversity index พบว่า พื้นที่ชุ่มน้ำมีค่าความหลากหลายสูงสุดที่ 3.56 ซึ่งบ่งชี้ว่ามีความหลากหลายของชนิดนกมากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม (3.46) พื้นที่ป่าธรรมชาติ (3.00) และพื้นที่ชุมชน (2.66) การศึกษาความคล้ายคลึงของชนิดนกระหว่างพื้นที่ต่าง ๆ พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุ่มน้ำมีค่าความคล้ายคลึงสูงสุดที่ 0.6609 ในขณะที่ พื้นที่ชุมชนและพื้นที่ป่าธรรมชาติมีค่าความคล้ายคลึงต่ำสุดที่ 0.4333

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณแม่เพ็ญ ดอนมะยา ชุมชนตำบลชื่นชม ที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้และอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้ข้อเสนอแนะ ตรวจสอบ แก้ไข จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กัลลยา ปันติ, รัชต โปชยะวณิช. 2560. ความหลากชนิดของนกที่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีขนาดต่างกันในจังหวัดหนองคาย ประเทศไทย. วารสารสัตว์ป่าเมืองไทย 24(1): 119–128.

จารุจินต์ นภีตะภัฏ, กานต์ เลขะกุล, วัชระ สงวนสมบัติ. 2555. คู่มือศึกษาธรรมชาติหมอบุญส่ง เลขะกุล นกเมืองไทย. ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด. กรุงเทพฯ.

ชัยวัฒน์ หมู่เจริญ. 2542. ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินต่อความหลากชนิดของนกในลุ่มน้ำเชิญ จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โดม ประทุมทอง, อมรพงษ์ คล้ายเพชร. 2565. ความหลากชนิดของนกในพื้นที่อุทยานธรณีสตูล. ความหลากหลายทางชีวภาพกับการเปลี่ยนแปลงของโลกในสภาวะปัจจุบัน. 2(1): 163–188.

มหาสารคาม. 2565. ชื่นชม. https://mahasarakham.go.th/new/amphur_content/cate/12, 20 กรกฎาคม 2567.

วีรยุทธ์ เลาหะจินดา. 2528. ปักษีวิทยา. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศุภรัตน์ ทองกก, นิสารัตน์ ทรงเจริญ, ไกรรัตน์ เอี่ยมอาไพ, วิจักขณ์ ฉิมโฉม. 2562. การศึกษาความหลากชนิดองค์ประกอบของชนิดพันธุ์ และการใช้ประโยชน์ของนกในพื้นที่ทุ่งนา พื้นที่บึงบัวหลวง พื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ป่าไมยราบยักษ์ในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์. ใน: ผลงานวิจัย และรายงานความก้าวหน้างานวิจัยประจำปี 2562. กลุ่มงานวิจัยสัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ. หน้า 1–18.

สาลินี ขจรพิสุฐิศักดิ์, ศิริวรรณ เอี่ยมประเสริฐ. 2558. ความหลากชนิดและความชุกชุมของนกในเขตพื้นที่เกาะสีชัง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 20(2): 56–72.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2565. สรุปชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามของประเทศไทย: สัตว์มีกระดูกสันหลัง. กองประสานการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

โอภาส ขอบเขตต์. 2541. นกในเมืองไทย. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. https://www.iucnredlist.org, 31 July 2024.

Kraichak, E. 2023. Analyzing Diversity Data: วิเคราะห์ความหลากหลาย. https://rpubs.com/ekraichak/diversity, 20 July 2024.

McKinney, M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. Urban Ecosyst. 11(1): 161–176.

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. 2018. Community ecology package. https://github.com/vegandevs/vegan, 20 July 2024.

Prasertes. 2022. ThailandGIS. https://github.com/prasertcbs/thailand_gis, 21 July 2024.

R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

Shannon, C. 1948. A mathematical theory of communication. Bell Syst. Tech. J. 27(3): 379–423.

Appendix A Species list of bird observed in Chuen Chom Subdistrict, Chuen Chom District, Maha Sarakham Province

No.	Order	Family	Scientific name	Thai name	Legal status	Threatened status		Seasonality status	Appearance site			
						World	Thai		Urban	Agriculture	Wetland	Forest
1	Anseriformes	Anatidae	*Dendrocygna javanica*	เป็ดแดง	P	LC	LC	R (W?)	–	–	/	
2	Anseriformes	Anatidae	*Nettapus coromandelianus*	เป็ดคับแค	P	LC	LC	R (W?)	–	–	/	
3	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Caprimulgus macrurus*	นกตบยุงหางยาว	P	LC	LC	R	–	–		/
4	Caprimulgiformes	Apodidae	*Cypsiurus balasiensis*	นกแอ่นตาล	P	LC	LC	R	/	/	/	/
5	Caprimulgiformes	Apodidae	*Apus nipalensis*	นกแอ่นบ้าน	P	LC	LC	R	–	/	/	
6	Cuculiformes	Cuculidae	*Centropus sinensis*	นกกระปูดใหญ่	P	LC	LC	R	–	/	/	/
7	Cuculiformes	Cuculidae	*Phaenicophaeus tristis*	นกบั้งรอกใหญ่	P	LC	LC	R	–	–	/	/
8	Cuculiformes	Cuculidae	*Eudynamys scolopaceus*	นกกาเหว่า	P	LC	LC	R	/	/		/
9	Cuculiformes	Cuculidae	*Cacomantis merulinus*	นกอีวาบตั๊กแตน	P	LC	LC	R	/	/	/	
10	Columbiformes	Columbidae	*Columba livia*	นกพิราบป่า	NP	LC	–	R	/	/	/	
11	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia tranquebarica*	นกเขาไฟ	P	LC	LC	R	/	/	/	
12	Columbiformes	Columbidae	*Spilopelia chinensis*	นกเขาใหญ่, นกเขาหลวง	NP	LC	LC	R	–	–	/	/
13	Columbiformes	Columbidae	*Geopelia striata*	นกเขาชวา	NP	LC	LC	R	/	/	/	
14	Gruiformes	Rallidae	*Gallinula chloropus*	นกอีล้ำ	P	LC	LC	R, W	–	–	/	
15	Gruiformes	Rallidae	*Gallicrex cinerea*	นกอีลุ้ม	P	LC	NT	B, W (R?)	–	/	/	
16	Gruiformes	Rallidae	*Amaurornis phoenicurus*	นกกวัก	P	LC	LC	R, W	–	–	/	
17	Podicipediformes	Podicipedidae	*Tachybaptus ruficollis*	นกเป็ดผีเล็ก	P	LC	LC	R, (W?)	–	–	/	
18	Charadriiformes	Charadriidae	*Vanellus cinereus*	นกกระแตหัวเทา	P	LC	LC	W	–	–	/	
19	Charadriiformes	Charadriidae	*Vanellus indicus*	นกกระแตแต้แว้ด	P	LC	LC	R	–	–	/	
20	Charadriiformes	Glareolidae	*Glareola lactea*	นกแอ่นทุ่งเล็ก	P	LC	NT	R	–	/		
21	Ciconiiformes	Ciconiidae	*Anastomus oscitans*	นกปากห่าง	P	LC	LC	R	/	/	/	
22	Suliformes	Phalacrocoracidae	*Microcarbo niger*	นกกาน้ำเล็ก	P	LC	LC	R	–	/	/	
23	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ixobrychus sinensis*	นกยางไฟหัวดำ	P	LC	LC	R	–	–	/	
24	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ixobrychus cinnamomeus*	นกยางไฟธรรมดา	P	LC	LC	R	–	–	/	–
25	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ixobrychus flavicollis*	นกยางดำ	P	LC	LC	B, W (R?)	–	–	/	–
26	Pelecaniformes	Ardeidae	*Butorides striata*	นกยางเขียว	P	LC	LC	R, W	–	–	/	–
27	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardeola bacchus*	นกยางกรอกพันธุ์จีน	P	LC	LC	W	–	/	/	–
28	Pelecaniformes	Ardeidae	*Bubulcus coromandus*	นกยางควาย	P	–	LC	R	/	/	/	–
29	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea cinerea*	นกกระสานวล	P	LC	LC	R, W	–	–	/	–
30	Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta garzetta*	นกยางเปีย	P	LC	LC	R, W	–	/	/	–
31	Accipitriformes	Accipitridae	*Elanus caeruleus*	เหยี่ยวขาว	P	LC	NT	R	–	/	/	–
32	Accipitriformes	Accipitridae	*Pernis ptilorhynchus*	เหยี่ยวผึ้ง	P	LC	LC	R, W	–	–	/	–
33	Accipitriformes	Accipitridae	*Haliastur indus*	เหยี่ยวแดง	P	LC	LC	R	–	/	/	–
34	Coraciiformes	Coraciidae	*Coracias affinis*	นกตะขาบทุ่ง	P	LC	LC	R	–	/	–	–
35	Coraciiformes	Coraciidae	*Eurystomus orientalis*	นกตะขาบดง	P	LC	LC	R, W	–	/	–	/
36	Coraciiformes	Alcedinidae	*Halcyon smyrnensis*	นกกะเต็นอกขาว	P	LC	LC	R	–	/	–	–
37	Coraciiformes	Meropidae	*Merops orientalis*	นกจาบคาเล็ก	P	LC	LC	R	/	/	/	/
38	Coraciiformes	Meropidae	*Merops philippinus*	นกจาบคาหัวเขียว	P	LC	LC	R, W	–	–	/	/

Appendix A Species list of bird observed in Chuen Chom Subdistrict, Chuen Chom District, Maha Sarakham Province (Continued)

No.	Order	Family	Scientific name	Thai name	Legal status	Threatened status		Seasonality status	Appearance site			
						World	Thai		Urban	Agriculture	Wetland	Forest
39	Piciformes	Megalaimidae	*Psilopogon haemacephalus*	นกตีทอง	P	LC	LC	R	–	/	/	/
40	Piciformes	Picidae	*Dendrocopos analis*	นกหัวขวานด่างอกลายจุด	P	LC	LC	R	–	–	/	/
41	Passeriformes	Artamidae	*Artamus fuscus*	นกแอ่นพง	P	LC	LC	R	/	/	/	–
42	Passeriformes	Aegithinidae	*Aegithina tiphia*	นกมิ้นน้อยธรรมดา	P	LC	LC	R	–	/	/	/
43	Passeriformes	Laniidae	*Lanius cristatus*	นกอีเสือสีน้ำตาล	P	LC	LC	W	–	/	/	–
44	Passeriformes	Oriolidae	*Oriolus chinensis*	นกมิ้นท้ายทอยดำ	P	LC	LC	W, [R]	–	–	/	–
45	Passeriformes	Dicruridae	*Dicrurus paradiseus*	นกแซงแซวหางบ่วงใหญ่	P	LC	LC	R	–	–	/	/
46	Passeriformes	Dicruridae	*Dicrurus hottentottus*	นกแซงแซวหงอนขน	P	LC	LC	R, W	–	–	–	/
47	Passeriformes	Dicruridae	*Dicrurus leucophaeus*	นกแซงแซวสีเทา	P	LC	LC	R, W	–	–	–	/
48	Passeriformes	Dicruridae	*Dicrurus macrocercus*	นกแซงแซวหางปลา	P	LC	LC	R, W	/	/	/	/
49	Passeriformes	Rhipiduridae	*Rhipidura javanica*	นกอีแพรดแถบอกดำ	P	LC	LC	R	/	/	/	/
50	Passeriformes	Monarchidae	*Hypothymis azurea*	นกจับแมลงจุกดำ	P	LC	LC	R, W	–	–	–	/
51	Passeriformes	Corvidae	*Corvus levaillantii*	อีกา	P	LC	LC	R	/	/	/	/
52	Passeriformes	Pycnonotidae	*Pycnonotus conradi*	นกปรอดสวน	P	–	LC	R	/	/	/	/
53	Passeriformes	Pycnonotidae	*Pycnonotus goiavier*	นกปรอดหน้านวล	P	LC	LC	R	/	–	–	–
54	Passeriformes	Pycnonotidae	*Pycnonotus aurigaster*	นกปรอดหัวสีเขม่า	P	LC	LC	R	–	–	/	/
55	Passeriformes	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	นกนางแอ่นบ้าน	P	LC	LC	R, W	/	/	/	–
56	Passeriformes	Phylloscopidae	*Phylloscopus fuscatus*	นกกระจิ๊ดสีคล้ำ	P	LC	LC	W	/	–	–	–
57	Passeriformes	Cisticolidae	*Cisticola juncidis*	นกยอดข้าวหางแพนลาย	P	LC	LC	R	–	/	/	–
58	Passeriformes	Cisticolidae	*Prinia rufescens*	นกกระจิบหญ้าสีข้างแดง	P	LC	LC	R	–	/	–	–
59	Passeriformes	Cisticolidae	*Prinia hodgsonii*	นกกระจิบหญ้าอกเทา	P	LC	LC	R	–	/	/	/
60	Passeriformes	Cisticolidae	*Prinia flaviventris*	นกกระจิบหญ้าท้องเหลือง	P	LC	LC	R	–	–	/	–
61	Passeriformes	Cisticolidae	*Prinia inornata*	นกกระจิบหญ้าสีเรียบ	P	LC	LC	R	–	/	/	–
62	Passeriformes	Cisticolidae	*Orthotomus sutorius*	นกกระจิบธรรมดา	P	LC	LC	R	/	/	–	/
63	Passeriformes	Sturnidae	*Acridotheres grandis*	นกเอี้ยงหงอน	P	LC	LC	R	/	/	/	–
64	Passeriformes	Sturnidae	*Acridotheres tristis*	นกเอี้ยงสาริกา	P	LC	LC	R	/	/	/	–

Appendix A Species list of bird observed in Chuen Chom Subdistrict, Chuen Chom District, Maha Sarakham Province (Continued)

No.	Order	Family	Scientific name	Thai name	Legal status	Threatened status		Seasonality status	Appearance site			
						World	Thai		Urban	Agriculture	Wetland	Forest
65	Passeriformes	Sturnidae	*Gracupica nigricollis*	นกกิ้งโครงคอดำ	P	LC	LC	R	–	/	–	–
66	Passeriformes	Sturnidae	*Gracupica floweri*	นกเอี้ยงด่าง	P	LC	LC	R	–	/	–	–
67	Passeriformes	Muscicapidae	*Copsychus saularis*	นกกางเขนบ้าน	P	LC	LC	R	/	/	/	/
68	Passeriformes	Muscicapidae	*Muscicapa sibirica*	นกจับแมลงสีคล้ำ	P	LC	LC	W	–	–	–	/
69	Passeriformes	Muscicapidae	*Muscicapa dauurica*	นกจับแมลงสีน้ำตาล	P	LC	LC	W, R	–	–	/	/
70	Passeriformes	Muscicapidae	*Ficedula zanthopygia*	นกจับแมลงตะโพกเหลือง	P	LC	LC	P	–	–	/	/
71	Passeriformes	Muscicapidae	*Ficedula albicilla*	นกจับแมลงคอแดง	P	LC	LC	W	–	–	/	–
72	Passeriformes	Muscicapidae	*Saxicola stejnegeri*	นกยอดหญ้าหัวดำ	P	–	LC	W	–	/	/	–
73	Passeriformes	Muscicapidae	*Saxicola caprata*	นกยอดหญ้าสีดำ, นกขี้หมา	P	LC	LC	R	–	/	/	–
74	Passeriformes	Dicaeidae	*Dicaeum cruentatum*	นกสีชมพูสวน	P	LC	LC	R	–	–	/	–
75	Passeriformes	Nectariniidae	*Anthreptes malacensis*	นกกินปลีคอสีน้ำตาล	P	LC	LC	R	/	–	–	–
76	Passeriformes	Nectariniidae	*Cinnyris asiaticus*	นกกินปลีดำม่วง	P	LC	LC	R	/	/	/	–
77	Passeriformes	Nectariniidae	*Cinnyris jugularis*	นกกินปลีอกเหลือง	P	LC	LC	R	/	/	/	/
78	Passeriformes	Passeridae	*Passer domesticus*	นกกระจอกใหญ่	P	LC	LC	R	/	/	/	–
79	Passeriformes	Passeridae	*Passer flaveolus*	นกกระจอกตาล	P	LC	LC	R	/	/	–	/
80	Passeriformes	Passeridae	*Passer montanus*	นกกระจอกบ้าน	NP	LC	LC	R	/	–	–	–
81	Passeriformes	Ploceidae	*Ploceus philippinus*	นกกระจาบธรรมดา	P	LC	LC	R	–	/	–	–
82	Passeriformes	Estrildidae	*Lonchura punctulata*	นกกระติ๊ดขี้หมู	P	LC	LC	R	/	/	/	/
83	Passeriformes	Estrildidae	*Lonchura striata*	นกกระติ๊ดตะโพกขาว	P	LC	LC	R	/	/	/	/
84	Passeriformes	Estrildidae	*Lonchura atricapilla*	นกกระติ๊ดสีอิฐ	P	LC	NT	R	–	–	/	–
85	Passeriformes	Estrildidae	*Amandava amandava*	นกกระติ๊ดแดง	P	LC	NT	R	–	–	/	–
86	Passeriformes	Motacillidae	*Anthus rufulus*	นกเต้าดินทุ่งเล็ก	P	LC	LC	R	–	–	–	–

Note: Legal status: P = Protected, NP = Non–Protected; Threatened in Thailand/ IUCN Red List: NT=Near Threatened, LC = Least Concern, NE = Not Evaluated; Seasonality status; R = Resident, W = Winter visitor, P = Passage visitor, B = Breeding visitor

สาขาประมง

(Subject: Fisheries)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

ความหลากชนิดของสัตว์น้ำต่างถิ่นที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

Species diversity of aquatic alien species in the Nong Han Chalermphrakiat Sakon Nakhon Wetlands, Sakon Nakhon Province

ภูวดล โดยดี*, พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ
Puvadol Doydee*, Pichasit Sangmek
ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร สกลนคร 47000
Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon 47000, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: puvadol.d@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นในพื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ได้ดำเนินการในเดือนสิงหาคมและเดือนธันวาคม 2566 โดยใช้เครื่องมืออวนทับตลิ่งเพื่อรวบรวมตัวอย่างในระบบนิเวศแหล่งน้ำนิ่งที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1) ริมตลิ่งบริเวณที่แสงแดดส่องถึงพื้นแหล่งน้ำ 2) กลางน้ำบริเวณที่แสงส่องไม่ถึงพื้นแหล่งน้ำ และ 3) บริเวณจุดชมวิวและให้อาหารสัตว์น้ำ จากการศึกษาพบชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นอย่างน้อย 6 ชนิด ได้แก่ หอยทากยักษ์แอฟริกา, กุ้งเครย์ฟิชออสเตรเลีย, ปลาดุกรัสเซีย, ปลาเปคูดำ, ปลานิล และหอยเชอรี่ คิดเป็นร้อยละ 28.57 จาก 21 ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นที่รุกรานที่มีการรายงานในประเทศไทย โดยชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นที่สามารถพบได้ในทุกพื้นที่สำรวจและทุกช่วงเวลา คือ หอยเชอรี่ นับเป็นชนิดที่พบหนาแน่นมากที่สุด หอยเชอรี่เป็นชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นที่สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มน้ำ และเป็นชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นที่รุกราน

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางชีวภาพ, ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น, พื้นที่ชุ่มน้ำ, อุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ

Abstract

A study of alien fauna species in the Nong Han Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Wetlands (NoCSaP), Sakon Nakhon Province, was conducted between August and December 2023. We used the seine fishing method in three different types of aquatic ecosystems: 1) littoral zones, 2) limnetic zones, and 3) aquatourism zones. At least six alien fauna species were found in NoCSaP, namely: *Achatina fulica*, *Cherax quadricarinatus*, *Clarias gariepinus*, *Colossoma macropomum*, *Oreochromis niloticus*, and *Pomacea canaliculata*. These species accounted for approximately 28.57 percent of the 21 invasive alien aquatic species recorded in Thailand. Among them, *P. canaliculata* can be found in all types of ecosystems and throughout the study duration. The most abundant species was *P. canaliculata*, which is well adapted to various types of freshwater wetlands and known for its rapid reproduction, thus being identified as an invasive alien species.

Keywords: Alien species, biodiversity, Nong Han Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province, Wetlands

คำนำ

พื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ และเคยประสบวิกฤตมหาอุทกภัยช่วงปลายเดือนกรกฎาคม 2560 เป็นภัยน้ำท่วมที่รุนแรงที่สุดในรอบ 40 ปี ของจังหวัดสกลนคร (Pal et al., 2021) พื้นที่ทั้งหมดของอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 700 ไร่ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร, 2567) ได้รับผลกระทบต่อทรัพย์สิน โดยเป็นพื้นที่ที่ติดกับหนองหาร จังหวัดสกลนคร ซึ่งมีขนาดพื้นที่ประมาณ 70,000 ไร่ (ภูวดล และภัสสรา, 2557) ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่ในแหล่งน้ำรวมทั้งชนิดพันธุ์ต่างถิ่นสามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างอิสระและแพร่กระจายไปยังพื้นที่แหล่งน้ำท่วมถึง

เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นสามารถส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ (พงศ์เทพ และคณะ, 2558; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2565) ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่เข้าสู่ระบบนิเวศใหม่ หากชนิดพันธุ์เหล่านั้นสามารถตั้งถิ่นฐานและแพร่กระจายได้ จะทำลายความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่นั้น (รัชชา, 2560; ภูวดล, 2565) และก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายจำนวนมหาศาลเพื่อควบคุมและจัดการชนิดพันธุ์ถิ่นที่รุกกราน (Asean Center for Biodiversity, 2009)

สุวิมล (2563) รายงานชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่น 21 ชนิด จากบัญชีรายการชนิดที่รุกรานอย่างร้ายแรง 100 อันดับของโลก โดยแบ่งเป็นกลุ่มปลา 8 ชนิด ได้แก่ ปลาดุกด้าน (*Clarias batrachus*) ปลาไน (*Cyprinus carpio*) ปลากินยุง (*Gambusia affinis*) ปลากะพงแม่น้ำไนล์ (*Lates niloticus*) ปลากะพงปากกว้าง *(Micropterus salmoides*) ปลาเทราท์สายรุ้ง (*Oncorhynchus mykiss*) ปลาเทราท์สีน้ำตาล (*Salmo trutta*) ปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 9 ชนิด ได้แก่ หวีวุ้น (*Mnemiopsis ledyi*) หอยกะพงม้าลาย (*Dreissena polymorpha*) หอยกะพงเมดิเตอร์เรเนียน (*Mytilus galloprovincialis*) หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) หอยขวานจีน (*Potamocorbula amurensis*) ปูเขียวยุโรป (*Carcinus maenas*) ปูขนจีน (*Eriocheir sinensis*) ดาวทะเลแปซิฟิคเหนือ (*Asterias amurensis*) ไรน้ำหนาม (*Cercopagis pengoi*) สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 3 ชนิด ได้แก่ ปาดแคริบเบียน (*Eleutherodactylus coqui*) กบบลูฟร็อก (*Lithobates catesbeianus*) คางคกยักษ์ (*Rhinella marina*) และสัตว์เลื้อยคลาน 1 ชนิด ได้แก่ เต่าญี่ปุ่น (*Trachemys scripta elegans*)

เดิมในหนองหาร ซึ่งเป็นพื้นที่หลักของพื้นที่ชุ่มน้ำที่ศึกษา มีรายงานชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นได้แก่ หอยเชอรี่ (*P. canaliculata*) และ ปลาปลาซัคเกอร์ (*Hypostomus plecostomus*) ชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นแหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์น้ำท้องถิ่นของไทยและผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างคาดไม่ถึง ด้วยชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นสามารถปรับตัวและยึดครองพื้นที่ได้อย่างรวดเร็วและสามารถแก่งแย่งแหล่งที่อยู่อาศัยและอาหารหรือรุกรานชนิดพันธุ์ท้องถิ่นได้ (รัชชา, 2560; ภูวดล, 2565) สมมติฐานของการวิจัยที่เลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างแตกต่างกัน 3 เขต คือ เขตที่เป็นจุดชมวิวมีนักท่องเที่ยวมาใช้บริการจำนวนมากน่าจะพบชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นมากที่สุด

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบชนิดและการแพร่กระจายของชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นในพื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ซึ่งเป็นหนึ่งในแหล่งท่องเที่ยวที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางชีวภาพทั้งทางบกและทางน้ำสูงที่ได้รับความนิยมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการวิจัยในพื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร โดยแบ่งพื้นที่การศึกษาตามระบบนิเวศแหล่งน้ำนิ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ริมตลิ่งบริเวณที่แสงส่องถึงพื้นแหล่งน้ำ 2) กลางน้ำบริเวณที่แสงส่องไม่ถึงพื้นแหล่งน้ำ และ 3) บริเวณจุดชมวิวและเป็นตำแหน่งให้อาหารสัตว์น้ำ (Fig. 1)



Fig. 1 Three different types of aquatic ecosystems: A, littoral zones; B, limnetic zones; C, aquatourism zones

การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบพื้นที่ศึกษาด้วยข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566) ให้ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาแสดงด้วยด้วยเส้นขอบเขตสีเขียว (Fig. 2) ซึ่งแนวคลองน้ำที่สร้างขึ้นโดยรอบพื้นที่อุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติฯ โดยด้านซ้ายมือเป็นหนองน้ำธรรมชาติ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำนา มีชุมชน หมู่บ้านประปราย ด้านทิศใต้ติดกับหนองหาร จังหวัดสกลนคร มากกว่านั้นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ข้างต้นทำให้ทราบว่าอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติฯ อยู่ในเขตพื้นที่การปกครองของสองตำบล คือ เทศบาลตำบลเชียงเครือ และเทศบาลตำบลท่าแร่ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร

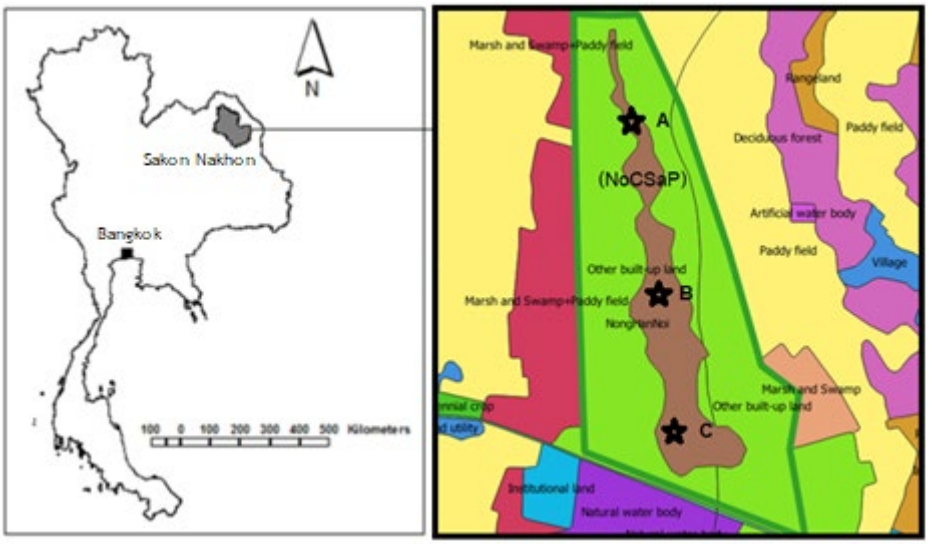


Fig. 2 Map view showing landuse types in year of 2021 surrounding Nong Han Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Wetlands (Green polyline) with map scale of 1:11,000 using Open-source free QGIS V3.10.4

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ในแต่ละพื้นที่สำรวจทำการเก็บตัวอย่างชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นด้วยเครื่องมือประมงประเภทอวนกางกั้นแล้วลากแบบอวนทับตลิ่ง (Beach seines) ที่มีขนาดตาอวน 25 มิลลิเมตร โดยคร่าวบนของอวนมีทุ่นพยุง ขณะที่ด้านคร่าวล่างมีตะกั่วเพื่อถ่วงให้ถึงพื้นแหล่งน้ำ อวนเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความยาว 20.00 เมตร กว้าง 2.00 เมตร ใช้แรงคนลาก 10 คน ทำการกางอวนแล้วลากเข้าหาตลิ่งพื้นที่ละ 2 ครั้ง จากนั้นเก็บตัวอย่างชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นจากเครื่องมือประมง รักษาตัวอย่างในแอลกอฮอล์ 95 % ทำการสำรวจภาคสนามในเดือนสิงหาคมและเดือนธันวาคม 2566 จากคู่มือการจัดการชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นในประเทศไทย (สุวิมล, 2563)

การจำแนกชนิด

ตัวอย่างชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นที่เก็บรวบรวมได้จากภาคสนามได้นำไปจัดตัวอย่างบนถาดวางตัวอย่าง ทำการจำแนกชนิดโดยเทียบกับคู่มือการจัดการชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นในประเทศไทย (สุวิมล, 2563) และเทียบกับภาพชนิดพันธุ์ต่างที่ที่ได้รับการระบุชื่อแล้วที่ตีพิมพ์เผยแพร่โดยรัชชา (2560) ร่วมกับการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษา

จากการสำรวจชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นในพื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ดำเนินการในเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม 2566 โดยการใช้อวนทับตลิ่งในพื้นที่ที่มีระบบนิเวศแหล่งน้ำนิ่งแตกต่างกัน ได้แก่ 1) พื้นที่ริมตลิ่ง (littoral zone) 2) พื้นที่กลางน้ำ (limnetic zone) และ 3) พื้นที่ท่องเที่ยวเชิงนิเวศทางน้ำ (aquatourism) จากการศึกษา พบชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นอย่างน้อย 6 ชนิด โดยสัตว์ต่างถิ่นที่ชอบอาศัยในพื้นที่ชื้นและริมน้ำ 1 ชนิดได้แก่ หอยทากยักษ์แอฟริกา (*Achatina fulica*) และสัตว์ต่างถิ่นที่เป็นสัตว์น้ำอย่างแท้จริง 5 ชนิด ได้แก่ กุ้งเคยร์ฟิชออสเตรเลีย (*Cherax quadricarinatus*) ปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) ปลาเปคูดำ (*Colossoma macropomum*) ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) (Table 1) โดยคิดเป็นร้อยละ 28.57 จาก 21 ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นที่รุกรานที่มีการรายงานในประเทศไทย (สุวิมล, 2563) ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นทั้ง 6 ชนิดสำรวจพบในพื้นที่บริเวณที่เป็นตำแหน่งให้อาหารสัตว์น้ำ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีนักท่องเที่ยวเข้าให้อาหารสัตว์น้ำ และในบางโอกาสอาจมีการปล่อยสัตว์น้ำลงในพื้นที่ได้ในขณะเดียวกัน จึงควรมีป้ายแสดงขอความร่วมมือว่า ห้ามในการปล่อยสัตว์น้ำต่างถิ่นลงในแหล่งน้ำธรรมชาติและมีภาพตัวอย่างชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่อาจเป็นภัยรุกราน เพื่อสร้างความตระหนักรู้ให้กับผู้ที่รู้เท่าไม่ถึงการณ์ สำหรับหอยทากยักษ์แอฟริกา (*A. fulica*) นั้น นักวิจัยสำรวจพบในสองพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ริมตลิ่งบริเวณที่แสงส่องถึงพื้นแหล่งน้ำ และพื้นที่บริเวณที่เป็นตำแหน่งให้อาหารสัตว์น้ำ ขณะที่หอยเชอรี่ (*P. canaliculata*) สำรวจพบทุกพื้นที่ที่มีการเก็บข้อมูล อย่างไรก็ตาม บริเวณพื้นที่กลางน้ำบริเวณที่แสงส่องไม่ถึงพื้นแหล่งน้ำ เป็นบริเวณที่พบชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นน้อยที่สุด คือ พบเฉพาะหอยเชอรี่ (*P. canaliculata*) ซึ่งเกาะอยู่ตามพรรณไม้น้ำ และจากการสังเกตพบพืชลอยน้ำยังพบชนิดพันธุ์ต่างถิ่น เช่น จอก (*Pistia stratiotes*) ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*)

ภูวดล (2565) รายงานว่าพบปลาในกลุ่มปลากดเกราะหรือปลาซัคเกอร์ (*Hypostomus plecostomus*) และ (*Pterygoplichthys* sp.) แพร่กระจายในลำธารสาขาที่ไหลลงหนองหาร จังหวัดสกลนคร โดยเฉพาะลำห้วยที่อยู่ใกล้กับตลาดเทศบาล และบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งแม่น้ำต่างๆ ในเขตจังหวัดสกลนคร เช่น แม่น้ำอูน แม่น้ำก่ำ แม่น้ำสงคราม แต่จากการศึกษาในพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ไม่พบปลาซัคเกอร์ (*H. plecostomus*) และ (*Pterygoplichthys* sp.) รวมทั้งไม่พบปลาหมอคางดำ (*Sarotherodon melanotheron*)

Table 1 A list of alien fauna species check lists found in three different types of aquatic ecosystems

	English common name	Scientific name	Sampling stations		
			Littoral	Limnetic	Aquatourism
1	Giant African Snail	*Achatina fulica*	✓	✗	✓
2	Australian Freshwater Crayfish	*Cherax quadricarinatus*	✗	✗	✓
3	Sharptooth Catfish	*Clarias gariepinus*	✗	✗	✓
4	Black Pacu	*Colossoma macropomum*	✗	✗	✓
5	Nile Tilapia	*Oreochromis niloticus*	✗	✗	✓
6	Golden Apple Snail	*Pomacea canaliculata*	✓	✓	✓

Note: ✓ = observed and ✗ = not observed

หอยทากยักษ์แอฟริกา (*Achatina fulica*) กุ้งเครย์ฟิชออสเตรเลีย (*Cherax quadricarinatus*) ปลาดุกรัสเซียหรือปลาดุกแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) (สุวิมล, 2563) ปลาเปคูดำ (*Colossoma macropomum*) ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) (Fig. 3) ถูกขึ้นทะเบียนชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นที่ควรป้องกันควบคุมและกำจัดของประเทศไทย ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561 โดยกุ้งเครย์ฟิชออสเตรเลีย (*C. quadricarinatus*) เป็นสัตว์น้ำสวยงามและสัตว์เศรษฐกิจ และจัดอยู่ในทะเบียนรายการที่ 2 กล่าวคือ เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีแนวโน้มรุกราน ขณะที่ปลาดุกรัสเซีย (*C. gariepinus*) ปลาเปคูดำ (*C. macropomum*) ปลานิล (*O. niloticus*) จัดเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีคุณค่าการใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจ เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจ หอยทากยักษ์แอฟริกา (*A. fulica*) และหอยเชอรี่ (*P. canaliculata*) จัดเป็นสัตว์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ โดยทั้ง 5 ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นข้างต้นจัดอยู่ในทะเบียนรายการที่ 1 คือ ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้ว (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561)

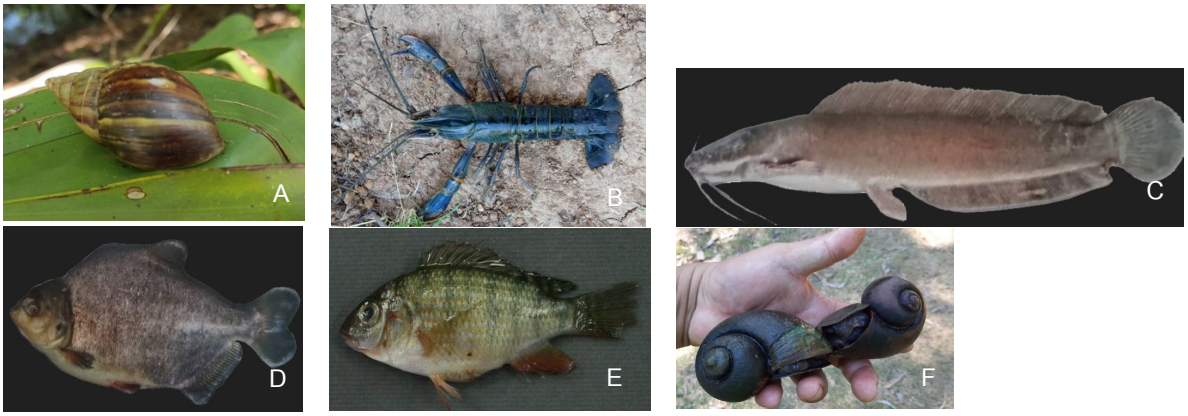


Fig. 3 Alien fauna species in Nong Han Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Wetlands (NoCSaP), Sakon Nakhon Province, Thailand: A, *Achatina fulica* B, *Cherax quadricarinatus* C, *Clarias gariepinus* D, *Colossoma macropomum* E, *Oreochromis niloticus* and F, *Pomacea canaliculata*

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นระยะเวลานานแล้ว ปัจจุบันมีความกลมกลืนในแหล่งอาศัยธรรมชาติจนหลายคนคิดว่าเป็นสายพันธุ์ที่มีในท้องถิ่น ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิชออสเตรเลีย (*Cherax quadricarinatus*) เป็นสัตว์น้ำที่ได้รับความนิยมในระยะเวลาไม่นาน

พบมีการเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นสัตว์น้ำสวยงามและนำมาเป็นอาหารด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อมีผู้เลี้ยงเป็นจำนวนมากขึ้นจึงได้รับความนิยมน้อยลงไป บางส่วนจึงถูกนำมาปล่อยลงในพื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ซึ่งมักพบมากในบริเวณที่ตื้นและอยู่รวมกันเฉพาะจุดเท่านั้นในบริเวณจุดชมทิวทัศน์และให้อาหารสัตว์น้ำ (สถานีที่ 3) ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นชนิดนี้สามารถสร้างปัญหาในการแก่งแย่งอาหารและแหล่งที่อยู่อาศัยกับสัตว์น้ำประจำถิ่นได้ ทั้งนี้ชาวประมงและประชาชนที่หาปลาและจับสัตว์น้ำอยู่โดยรอบนอกของพื้นที่ศึกษาแจ้งว่าสามารถจับกุ้งเคยย์ฟิชออสเตรเลีย (*C. Quadri– carinatus*) ได้เช่นเดียวกัน

ปลาเปคูดำ (*Colossoma macropomum*) หรือ จะละเม็ดน้ำจืด หรือ เปกู Kano et al. (2013) เป็นอีกชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นที่พบได้ในพื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ซึ่งเป็นปลาขนาดใหญ่มากและมีสามารถกินได้อาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) ด้วยความนิยมในการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ลดน้อยลง เป็นปลามีขนาดลำตัวที่ใหญ่มากเกินไป ทำให้ปลาชนิดนี้ถูกนำมาปล่อยลงในแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นจำนวนมาก

พื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อยู่ในความดูแลของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสลนคร ซึ่งเปิดเป็นพื้นที่สาธารณะให้ประชาชนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศวิทยาทางน้ำ สามารถเข้ามาพักผ่อนหย่อนใจและออกกำลังกาย ดังนั้นจึงมีประชาชนบางกลุ่มนำสัตว์น้ำมาปล่อยเป็นจำนวนมาก โดยวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการทำบุญปล่อยปลา ซึ่งจากการสำรวจและสอบถามเจ้าหน้าที่ในบริเวณอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติฯ พบว่า มีผู้นำสัตว์น้ำมาปล่อยตลอดทั้งปี โดยเฉพาะการนำปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*) และพบในพื้นที่สำรวจ แต่ปลาดุกลูกผสม หรือปลาดุกบิ๊กอุยไม่จัดเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นโดยอ้างอิงตามสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2561) และ สุวิมล (2563) ปัจจุบันหาซื้อได้ง่ายจากตลาดสดและนำมาปล่อยในแหล่งน้ำ จึงเป็นการเพิ่มปริมาณสัตว์น้ำลูกผสมหรือปรับปรุงพันธุ์แต่มีพฤติกรรมรุกราน ด้วยปลาดุกลูกผสม (Hybrid catfish) สามารถกินสัตว์น้ำพื้นถิ่นขนาดเล็กในปริมาณมากตลอดช่วงชีวิต เป็นการทวีความรุนแรงของปัญหาด้านความสมดุลห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศแหล่งน้ำ ซึ่งที่ผ่านมาพื้นที่ศึกษาแห่งนี้เคยมีและปัจจุบันยังคงมีปลาผู้ล่าซึ่งเป็นปลาในวรรณคดีไทย (จินดา, มปป) ได้แก่ ปลาชะโด (*Channa micropeltes*) หรือปลาแมลงภู่มีอยู่เป็นจำนวนมากอยู่แล้ว จากการสังเกตในรอบหลาย ๆ ปี พบว่าปลาท้องถิ่นที่เคยพบอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น เช่น ปลากระแห (*Barbonymus schwanenfeldii*) ได้หายไปจากอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติฯ ซึ่งคาดว่าเป็นผลกระทบจากการรุกรานของปลาชะโดดังกล่าว

ขอเสนอแนะว่า การเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ข้อมูลองค์ความรู้ด้านชนิดพันธุ์ต่างถิ่น ให้แก่ประชาชน และผู้มาใช้บริการอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติฯ ให้ทราบถึงผลกระทบของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น ที่มีต่อระบบนิเวศทางบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำภายในพื้นที่เป็นกิจกรรมที่ควรดำเนินการอย่างเร่งด่วน เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการรณรงค์ให้ประชาชนลดการนำสัตว์น้ำต่างถิ่นมาปล่อยในพื้นที่สาธารณะ เป็นส่วนช่วยในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ช่วยรักษาทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญของจังหวัดสกลนครต่อไป

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นในพื้นที่อุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร พบชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นอย่างน้อย 6 ชนิด (ร้อยละ 28.57 จาก 21 ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นที่รุกรานที่มีการรายงานในประเทศไทย) โดยเป็นสัตว์กลุ่มหอย 2 ชนิด กุ้ง 1 ชนิด และปลา 3 ชนิด ชนิดพันธุ์สัตว์ต่างถิ่นที่เด่นที่สุดซึ่งสามารถพบได้ทั้ง 3 พื้นที่สำรวจ คือ หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ดังนั้นจึงควรเฝ้าระวังชนิดพันธุ์ต่างถิ่นชนิดนี้ เพื่อลดโอกาสในการแพร่กระจายพันธุ์ โดยมีการบริหารจัดการพื้นที่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กิจกรรมการท่องเที่ยวทางน้ำ การจัดการน้ำในแปลงนาข้าว และสวนบัวที่เหมาะสม ควบคุมหรือลดกิจกรรมที่อาจมีผลต่อการนำชนิดพันธุ์ต่างถิ่นเข้าไปในอุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ ฯ อย่างไรก็ตามชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นชนิดอื่น ๆ ที่มีความรุนแรงต่อการรุกรานในระบบนิเวศแหล่งน้ำ ได้แก่ ปลาซัคเกอร์

(*Hypostomus plecostomus*) และ (*Pterygoplichthys* sp.) ปลาหมอคางดำ (*Sarotherodon melanotheron*) ยังไม่พบในพื้นที่ศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนิสิตสาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนครที่ช่วยเหลือเก็บข้อมูลภาคสนามทำให้งานวิจัยลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2566. ดินออนไลน์ บริการข้อมูลดินและการใช้ที่ดิน ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land use): จังหวัดสกลนคร 2564 ผ่าน https://dinonline.ldd.go.th/ เข้าระบบนำใช้ข้อมูลเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2566.

จินดา เทียมเมธ. มปป. ปลาอะไรในวรรณคดี. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Short communication. กรุงเทพฯ.

พงศ์เทพ สุวรรณวารี, จินตนา สิงหเทพ และกวิสรา แซ่เฮง. 2558. การสำรวจชนิดพันธุ์ต่างถิ่นในพื้นที่เกาะช้างและหมู่เกาะใกล้เคียง จังหวัดตราด. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ภูวดล โดยดี และภัสสรา รัตนพิศิฏฐ์. 2557. การประเมินรูปแบบและคุณลักษณะของกองสนุ่นเพื่อบริหารจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำในระบบนิเวศหนองหารหลวง จังหวัดสกลนคร. รายงานผลการวิจัย.สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

ภูวดล โดยดี. 2565. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ. ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร, คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร. สกลนคร.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร. 2567. อุทยานหนองหารเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ผ่าน https://www.csc.ku.ac.th/th/?p=2494 เข้าระบบนำใช้ข้อมูลเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2567.

รัฐชา ชัยชนะ. 2560. การจัดการชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. มติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561 เรื่อง มาตรการป้องกัน ควบคุม และกำจัดชนิดพันธุ์ต่างถิ่น. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2565. มาตรการป้องกันควบคุมและกำจัดชนิดพันธุ์ต่างถิ่น. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สุวิมล สี่หิรัญวงศ์. 2563. คู่มือการจัดการชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นในประเทศไทย. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. กรุงเทพฯ.

Asean Centre for Biodiversity. 2009. Invasive alien species and their increasing threat to biodiversity. Asean Biodivers. 8: 71–74.

Kano, Y., Adnan, M.S., Grudpan, C., et al. 2013. An online database on freshwater fish diversity and distribution in Mainland Southeast Asia. Ichthyol. Res. 60: 293–295.

Pal, I., Doydee, P., Utarasakul, T., Jaikaew, P., Razak, K.A., Fernandez, G., Chen, C.S. 2021. System approach for flood vulnerability and community resilience assessment at the local level – a case study of Sakon Nakhon province, Thailand. Kasetsart J. Soc. Sci. 42: 107–116.

การกระจายและความชุกชุมของปลาที่จับได้จากเครื่องมืออวนสามชั้นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

Distribution and abundance of fish caught with trammel net in Northeast Monsoon at Green Mussel (*Perna viridis*) Raft-Culture, Si Racha district, Chonburi province

ณิศรา ปติพัตร, วชิระ ใจงาม, นภาขวัญ แหวนเพชร*
Nisara Patipat, Wachirah Jaingam, Napakhwan Whanpetch*
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Marine science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
* Corresponding author. E-mail address: napakhwan.w@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการกระจาย ความหลากชนิด และความชุกชุมของปลาที่จับได้ด้วยอวนสามชั้น บริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก ชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 4 สถานี ได้แก่ บริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ที่แตกต่างกัน 3 สถานี และพื้นที่ไม่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่ 1 สถานี ผลการศึกษาพบปลาทั้งหมด 43 ชนิด จาก 26 วงศ์ โดยวงศ์ปลาแป้น (Leiognathidae) พบมากที่สุด 5 ชนิด และปลาวัวสามเขาหางยาว (*Tripodichthys blochii*) มีความชุกชุมสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 21.22 ของปลาทั้งหมด ดัชนีนิเวศวิทยา พบว่าพื้นที่ไม่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่มีค่าเฉลี่ยดัชนีความหลากชนิด (2.15±0.23) และความมากชนิด (3.58±0.34) สูงกว่าสถานีอื่น ขณะที่ค่าความสม่ำเสมอเฉลี่ยสูงสุดพบในแหล่งเลี้ยงแบบดั้งเดิม (0.83±0.01) โครงสร้างประชาคมปลาแบ่งเป็น 4 กลุ่มตามลักษณะพื้นที่ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การใช้ประโยชน์พื้นที่โดยรอบแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่มีผลต่อการกระจายและความชุกชุมของปลาอย่างชัดเจน

คำสำคัญ: ความหลากชนิด, ชายฝั่งอำเภอศรีราชา, ดัชนีนิเวศวิทยา, ปลา, แหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก

Abstract

This study compares fish distribution, species diversity and abundance in green mussel (*Perna viridis*) raft-culture areas along Si Racha District, Chon Buri Province, during the northeast monsoon. Four stations were studied: three in mussel farming areas and one control area. A total of 43 fish species from 26 families were recorded, with Leiognathidae showing the highest diversity (five species) and *Tripodichthys blochii* being the most abundant (21.22% of the catch). The control area had the highest species diversity index (2.15±0.23) and richness index (3.58±0.34), while the traditional green mussel raft-culture area had the highest evenness index (0.83±0.01). Results suggest land use near mussel farms significantly influence fish distribution and abundance.

Keywords: Coast of Si Racha, Ecological indices, Fish, Green mussel raft-culture, Species diversity

คำนำ

การเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือกได้รับการพัฒนาขึ้นโดยสถานีวิจัยประมงศรีราชา คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเลี้ยงให้มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิต (สถานีวิจัยประมงศรีราชา, 2544) ในเชิงนิเวศวิทยาแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือกมีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริมความหลากชนิดของสัตว์น้ำและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของห่วงโซ่อาหาร(Alleway et al., 2019) เนื่องจากโครงสร้างทางกายภาพมีความซับซ้อนทำหน้าที่คล้ายกับแหล่งปะการังเทียม ซึ่งช่วยดึงดูดสัตว์น้ำให้เข้ามาอยู่อาศัย หาอาหาร และหลบภัยจากผู้ล่าขนาดใหญ่ รวมทั้งเป็นแหล่งอนุบาลของสัตว์น้ำวัยอ่อน (Veggerby et al., 2024; Bridger et al., 2024) นอกจากนี้ สารอินทรีย์ หรือ ของเสียที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงหอยแมลงภู่ที่สะสมอยู่บริเวณพื้นทะเล รวมถึงหอยแมลงภู่ที่หล่นจากพวงเลี้ยงยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและกลุ่มปลาต่าง ๆ (Callier et al., 2007; Mascorda–Cabre et al., 2024) ส่งผลให้บริเวณที่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่มีความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์น้ำมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีการเลี้ยง (Šegvić–Bubić, 2011) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มปลาผิวน้ำ กลางน้ำและกลุ่มปลาหน้าดิน ซึ่งมักจะถูกดึงดูดด้วยปัจจัยด้านโครงสร้างทางกายภาพของแหล่งเลี้ยงหอยและความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งอาหารในพื้นที่ (Carbines,1993; Clynick et al., 2008)

ชายฝั่งทะเลอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นหนึ่งในพื้นที่สำคัญด้านการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก เนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศติดชายฝั่งทะเลและมีทรัพยากรทางทะเลอุดมสมบูรณ์ การเลี้ยงหอยแมลงภู่จึงเป็นที่นิยมในกลุ่มเกษตรกรเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมายาวนาน (สถานีวิจัยประมงศรีราชา, 2544) ขณะเดียวกัน การเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาของชุมชนเมืองอย่างต่อเนื่องของอำเภอศรีราชา อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศทางทะเลและส่งผลกระทบเชิงนิเวศวิทยาของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะปลา ซึ่งมีบทบาทสำคัญที่ช่วยควบคุมสมดุลของประชากรในห่วงโซ่อาหาร รวมถึงเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสำหรับชาวประมงพื้นบ้าน การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการกระจาย ความหลากชนิด และความชุกชุมของปลาที่จับได้จากเครื่องมืออวนสามชั้น บริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก ชายฝั่งทะเลอำเภอศรีราชา ซึ่งแหล่งเลี้ยงหอยตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีลักษณะแตกต่างกันตามกิจกรรมการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ชายฝั่ง เช่น กิจกรรมการขนส่งทางเรือ การท่องเที่ยว และแหล่งชุมชน การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเป็นฤดูมรสุมที่พื้นที่การศึกษาได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำท่าจากแผ่นดินในปริมาณต่ำ ทำให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนสภาวะความเป็นจริงของพื้นที่ ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการสนับสนุนการจัดการทรัพยากรชายฝั่งทะเลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ทำการศึกษา

เก็บตัวอย่างปลาบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก ชายฝั่งอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในฤดูมรสุมตะวันออกฉียงเหนือ (เดือนเมษายน พ.ศ. 2566) โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 สถานี ตามลักษณะพื้นที่แหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือกที่มีการใช้ประโยชน์พื้นที่แตกต่างกัน และบริเวณที่ไม่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่ 1 สถานี (Fig 1; Table 1) โดยแต่ละสถานีมีระยะห่างประมาณ 2,500–2,800 เมตร และระยะห่างจากชายฝั่งทะเล ประมาณ 1,000 เมตร ระดับความลึกน้ำทะเลเฉลี่ยทุกสถานี 4.53±0.67 เมตร

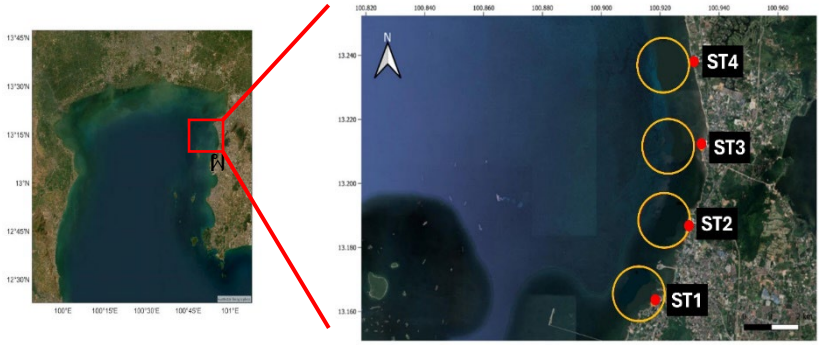


Fig.1 Sampling stations in the Green Mussel (*Perna viridis*) Raft–Culture on the coast of Si Racha district, Chonburi province.

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

สำรวจและเก็บตัวอย่างปลา โดยเครื่องมืออวนสามชั้น (Trammel Net) ความยาว 50 เมตร ความลึก 1.9 เมตร ขนาดตาอวนชั้นใน 42 มิลลิเมตร โดยเก็บตัวอย่างสถานีละ 3 ซ้ำ (ระยะห่างประมาณ 500 เมตร) เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาของแต่ละสถานี ในระหว่างทำการเก็บตัวอย่างอวนจะถูกติดตั้งให้อยู่กับที่บริเวณพื้นทะเลในลักษณะตามกระแสน้ำ โดยมีระยะเวลาทำการประมงประมาณ 12 ชั่วโมง (กลางคืน) ทั้งนี้ ดำเนินการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาน้ำเกิดหรือ วันที่มีปรากฏการณ์น้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดในรอบเดือน ตัวอย่างปลาที่รวบรวมได้ทั้งหมดจะถูกรักษาสภาพตัวอย่างไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส ก่อนจะนำมาศึกษาต่อในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ตัวอย่างที่ได้จะถูกจดบันทึกข้อมูลจำนวนตัว และจำแนกชนิดตามอนุกรมวิธานตามคู่หนังสือ Fischer and Bianchi (1984) Yoshida et al. (n.d.) และ Kimura et al. (2015)

ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ ความหลากชนิด ความชุกชุม องค์ประกอบชนิด ดัชนีความหลากหลายชนิด (Species Diversity Index) ดัชนีความมากชนิด (Richness Index) ดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness Index) และ การกระจายของประชาคมปลา โดยใช้วิธีการวิเคราะห์มาตรพหุมิติ (Multidimensional Scaling, MDS) โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้โปรแกรม SPSS Statistics Version 25

Table 1 Location of sampling stations and characterization of distinctive spatial utilization activities along the coast of Si Racha district, Chonburi province.

Station / Location	Sampling	Geographical coordination		Anthropogenic activities
		Latitude	Longitude	
St.1 Queen Savang Vadhana Memorial Hospital	M1	13° 9'56.25"N	100°54'46.21"E	The green mussel raft-culture site located near tourism and commercial shipping ports.
	M2	13°10'12.53"N	100°54'43.32"E	
	M3	13° 9'54.11"N	100°54'29.73"E	
St.2 Si Racha Fisheries Research Station	M1	13°11'17.84"N	100°55'17.94"E	The green mussel raft-culture site independent from human disturbances.
	M2	13°11'29.23"N	100°55'32.49"E	
	M3	13°11'0.08"N	100°55'10.55"E	
St.3 Bangphra beach Park	M1	13°12'42.14"N	100°55'22.57"E	The green mussel raft-culture site located near small-scale fishing communities.
	M2	13°12'57.96"N	100°55'33.85"E	
	M3	13°12'43.08"N	100°55'44.13"E	
St.4 Air Defence Battalion 12, Air Defence Regiment 1	M1	13°14'28.92"N	100°55'14.66"E	An area without the green mussel raft-culture
	M2	13°14'12.74"N	100°55'16.15"E	
	M3	13°13'56.44"N	100°55'17.20"E	

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ความหลากชนิด ความชุกชุม และองค์ประกอบชนิดปลา

จากการศึกษาพบความหลากชนิดปลาทั้งหมด 43 ชนิด 26 วงศ์ จำนวน 641 ตัว โดยวงศ์ปลาแป้น (Leiognathidae) พบมากที่สุดทั้งหมด 5 ชนิด และปลาวัวสามเขาหางยาว (*Tripodichthys blochii*) มีความชุกชุมสูงที่สุด รองลงมาคือ ปลาแป้นเมือก (*Eubleekeria jonesi*) และปลาหลังเขียว (*Sardinella gibbosa*) คิดเป็นร้อยละ 21.22 19.03 และ 8.74 ของจำนวนปลาทั้งหมด ตามลำดับ (Table 2) เมื่อพิจารณาความหลากชนิด ความชุกชุม และ

องค์ประกอบชนิดปลา ตามสถานีศึกษา พบว่า สถานีที่ 4 (พื้นที่ไม่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก) มีความหลากชนิดของปลาสูงกว่าสถานีอื่น พบ 19 วงศ์ 30 ชนิด โดยความชุกชุมของปลาที่พบสูงสุด 3 อันดับแรก ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ปลาแป้นเมือก (*Eubleekeria jonesi*) พบความชุกชุมสูงสุดในสถานที่ 4 รองลงมาคือ ปลาหลังเขียว (*Sardinella gibbosa*) และปลาวัวสามเขาหางยาว (*Tripodichthys blochii*) คิดเป็นร้อยละ 21.63, 19.86 และ 15.96 ของจำนวนปลาทั้งหมด ตามลำดับ

ผลการศึกษาในครั้งนี้ พบความหลากชนิดของปลาสูงสุดในพื้นที่ไม่มีแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความชุกชุมของปลาชนิดหลักที่พบทั้ง 3 ชนิด ตามพฤติกรรมการดำรงชีวิตและแหล่งอาหาร พบว่า ส่วนใหญ่เป็นประเภทปลาผิวน้ำ และปลาหน้าดิน (Matsuura, 2001) มักอยู่รวมกันเป็นฝูงบริเวณผิวน้ำ และกลางน้ำในเวลากลางวัน และอพยพลงสู่พื้นทะเลในเวลากลางคืน (Luyeye, 2002) มีความสามารถในการเคลื่อนที่และว่ายน้ำค่อนข้างเร็ว และสามารถกินอาหารได้หลากหลาย ทั้งอาหารในกลุ่มพืชและสัตว์ (Seah et al., 2009) ดังนั้น โครงสร้างทางกายภาพของแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ที่มีความซับซ้อน อาจไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการอยู่อาศัยแบบรวมฝูงและการเคลื่อนที่ของปลาทั้ง 3 ชนิด จึงทำให้สถานีที่ 4 ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือกพบความหลากชนิดและความชุกชุมของปลาสูงที่สุด

ดัชนีทางนิเวศวิทยา

จากการศึกษา พบค่าดัชนีความหลากชนิด ค่าดัชนีความมากชนิด และค่าดัชนีความสม่ำเสมอแตกต่างกันในแต่ละสถานี ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างของสภาพแวดล้อมทางทะเลและกิจกรรมการใช้ประโยชน์ในพื้นที่แตกต่างกัน โดยสถานีที่ 4 (พื้นที่ไม่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก) พบค่าดัชนีความหลากชนิดและค่าดัชนีความมากชนิดสูงที่สุด 2.15±0.23 และ 3.58±0.34 ตามลำดับ (Fig. 2) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวมีปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่เหมาะสมและเอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของประชาคมปลามากกว่าพื้นที่การศึกษาอื่น เช่น ความสมบูรณ์ของแหล่งอาหารและคุณภาพน้ำ ทั้งนี้อาจรวมถึงพฤติกรรมของดำรงชีวิตของประชาคมปลาในพื้นที่ดังกล่าว (Tonn and Magnuson, 1982) สถานีที่ 2 (แหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือกดั้งเดิม) พบค่าดัชนีความสม่ำเสมอสูงที่สุด 0.83±0.01 นอกจากนี้ สถานีที่ 1 (แหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก) พบค่าดัชนีความหลากชนิดและค่าดัชนีความสม่ำเสมอต่ำที่สุด 1.66±0.30 และ 0.72±0.02 ตามลำดับ (Fig. 2) สะท้อนถึงสภาพแวดล้อมที่อาจได้รับผลกระทบจากกิจกรรมทางน้ำ เช่น การเดินเรือ กิจกรรมการท่องเที่ยวและการขนส่งสินค้าในบริเวณโดยรอบ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเล การศึกษาของ Walker et al. (2019) พบว่าเสียงใต้น้ำที่เกิดจากกิจกรรมการเดินเรือจัดเป็นมลพิษทางเสียงที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของปลาและสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ขณะเดียวกัน กิจกรรมการเดินเรือยังอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของคราบน้ำมันและน้ำอับเฉาที่ปล่อยจากเรือ ซึ่งอาจส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและความหลากหลายของประชาคมปลาในพื้นที่

Table 2 List of fish species and species composition by number (N%) caught using trammel nets at the Green Mussel (*Perna viridis*) Raft–Culture on the coast of Si Racha district, Chonburi province

Family	Scientific name	Station				
		ST1	ST2	ST3	ST4	Total
		N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Ambassidae	*Ambassis vachellii*	0.75	0.00	0.00	0.00	0.16
Atherinidae	*Doboatherina duodecimalis*	0.00	0.00	15.33	4.61	5.30
Batrachoididae	*Batrachomoeus trispinosus*	0.75	0.00	2.92	0.35	0.94
Carangidae	*Carangoides praeustus*	0.00	0.00	0.00	0.71	0.31
	Selaroides leptolepis	0.00	0.00	2.19	0.35	0.62
	Alepes djedaba	0.00	1.14	0.00	0.00	0.16
Chaetodontidae	*Parachaetodon ocellatus*	1.49	23.86	1.46	4.26	5.77
Clupeidae	*Sardinella gibbosa*	0.00	0.00	0.00	19.86	8.74

Table 2 List of fish species and species composition by number (N%) caught using trammel nets at the Green Mussel (*Perna viridis*) Raft–Culture on the coast of Si Racha district, Chonburi province (Continued)

Family	Scientific name	Station				
		ST1	ST2	ST3	ST4	Total
		N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Clupeidae	*Hilsa kelee*	0.00	0.00	0.00	0.71	0.31
Cynoglossidae	*Cynoglossus sp.*	0.00	0.00	0.00	0.35	0.16
Drepaneidae	*Drepane punctata*	0.00	1.14	0.00	0.00	0.16
Engraulidae	*Thryssa hamiltonii*	0.00	0.00	0.00	0.71	0.31
Gerreidae	*Gerres oyena*	1.49	6.82	5.84	2.48	3.59
	Gerres erythrourus	3.73	0.00	0.00	0.35	0.94
Holocentridae	*Sargocentron rubrum*	0.75	7.95	3.65	0.35	2.18
Labridae	*Halichoeres bicolor*	0.00	0.00	0.73	0.00	0.16
Leiognathidae	*Deveximentum megalolepis*	0.75	1.14	0.00	0.35	0.47
	Eubleekeria jonesi	6.72	11.36	30.66	21.63	19.03
	Nuchequula gerreoides	17.16	15.91	0.00	0.00	5.77
	Nuchequula longicornis	0.75	15.91	6.57	9.57	7.96
	Photolateralis stercorarius	0.00	0.00	0.00	0.35	0.16
Lethrinidae	*Lethrinus lentjan*	0.75	3.41	2.19	8.51	4.84
Lutjanidae	*Lutjanus vitta*	0.00	0.00	0.73	0.00	0.16
	Lutjanus russellii	0.75	0.00	0.00	1.06	0.62
Monacanthidae	*Monacanthus chinensis*	0.75	1.14	5.84	0.35	1.72
	Pseudomonacanthus macrurus	0.75	0.00	0.73	0.35	0.47
Plotosidae	*Plotosus lineatus*	6.72	0.00	0.73	0.00	1.56
Polynemidae	*Eleutheronema tetradactylum*	0.00	0.00	0.00	0.35	0.16
Pristigasteridae	*Ilisha melastoma*	0.00	1.14	0.00	0.00	0.16
	Ilisha megaloptera	0.00	0.00	0.00	0.71	0.31
Scatophagidae	*Scatophagus argus*	0.75	0.00	0.00	0.00	0.16
Sciaenidae	*Dendrophysa russelii*	0.75	0.00	0.00	0.00	0.16
	Nibea soldado	2.24	1.14	0.00	0.00	0.62
Siganidae	*Siganus canaliculatus*	2.99	0.00	0.00	0.00	0.62
	Siganus javus	0.00	0.00	2.92	1.06	1.09

Table 2 List of fish species and species composition by number (N%) caught using trammel nets at the Green Mussel (*Perna viridis*) Raft–Culture on the coast of Si Racha district, Chonburi province (Continued)

Family	Scientific name	Station				
		ST1	ST2	ST3	ST4	Total
		N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Sillaginidae	*Sillago intermedia*	0.00	0.00	0.00	0.35	0.16
	Sillago sihama	0.00	0.00	0.00	0.35	0.16
Soleidae	*Solea sp.*	0.00	0.00	0.00	0.71	0.31
Sphyraenidae	*Sphyraena putnamae*	0.00	0.00	0.00	0.35	0.16
Terapontidae	*Terapon puta*	0.75	0.00	0.00	0.00	0.16
Triacanthidae	*Pseudotriacanthus strigilifer*	0.75	0.00	0.00	2.48	1.25
	Triacanthus nieuhofii	1.49	2.27	0.00	0.35	0.78
	Tripodichthys blochii	46.27	5.68	17.52	15.96	21.22

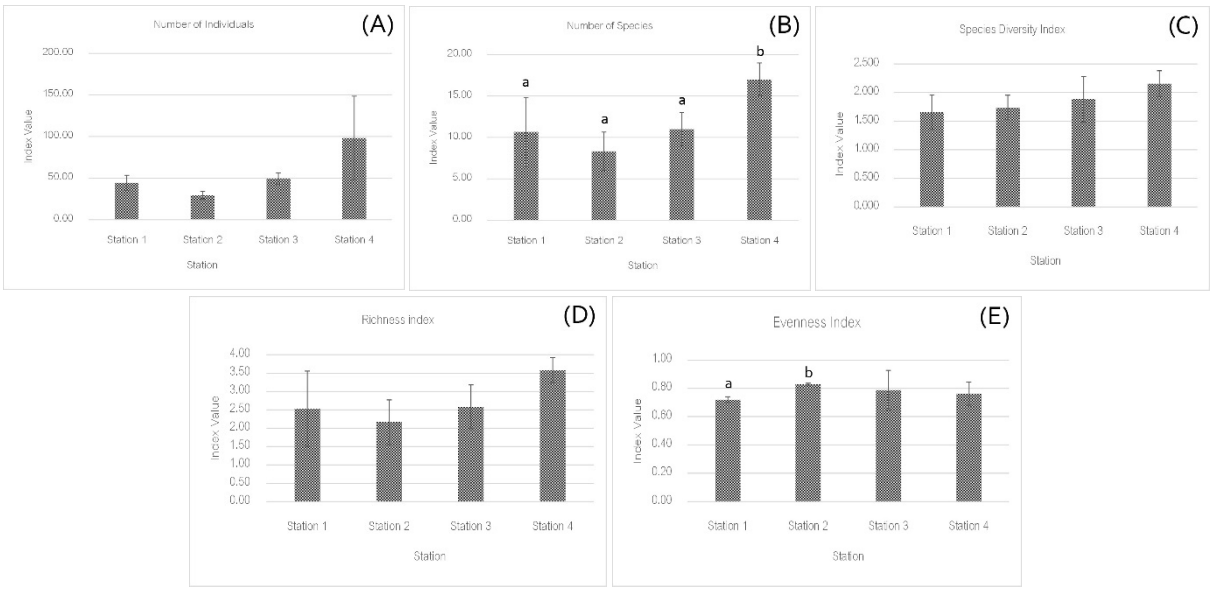


Fig. 2 The mean number of individuals, number of species, and biodiversity index of fish communities were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) at a significance level of 0.05. Error bars represent the mean ± SD. Different letters above the bars indicate significant differences ($p < 0.05$) among sampling stations.

การกระจายของปลาและโครงสร้างประชาคมปลา

จากการศึกษา พบว่า การกระจายและโครงสร้างประชาคมของปลาบริเวณแพเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพ สามารถจำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ตามพื้นที่การศึกษาได้อย่างชัดเจน (Fig. 3) ซึ่งสะท้อนถึงความจำเพาะของโครงสร้างประชาคมปลาในพื้นที่การศึกษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Gallardi (2014) พบว่า องค์ประกอบชนิดของสัตว์น้ำอาจขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของพื้นที่การเลี้ยงหอยแมลงภู่และสัตว์น้ำประจำถิ่น

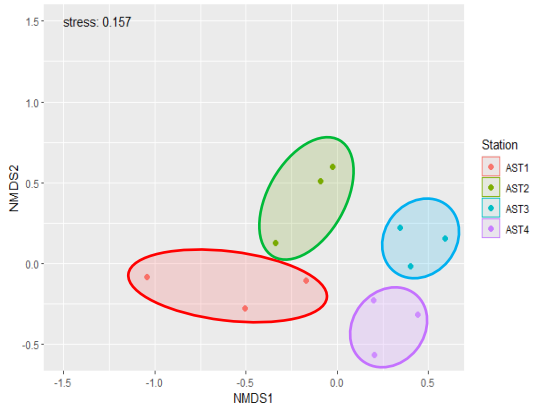


Fig. 3 Clustering of fish communities along the coast of Si Racha district, Chonburi province using ordination multidimensional scaling (MDS)

สรุป

การศึกษาการกระจาย ความหลากชนิด และความชุกชุมของประชาคมปลา ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก ชายฝั่งทะเลอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เดือนเมษายน พ.ศ. 2566 พบว่าโครงสร้างการกระจายของประชาคมปลามีความแตกต่างตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ทั้ง 4 สถานี โดยสถานีที่ 4 (พื้นที่ไม่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก) พบความหลากชนิดและความชุกชุมของปลาสูงกว่าพื้นที่ที่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือกทั้ง 3 สถานี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่บริเวณโดยรอบแหล่งเลี้ยงหอยแมลภู่แบบแพเชือกมีผลต่อการกระจาย และความชุกชุมของปลา อย่างไรก็ตาม การประเมินผลกระทบเชิงบวกและเชิงลบของพื้นที่การเลี้ยงหอยแมลงภู่ ต้องพิจารณาปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางทะเลและกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่เข้ามาเกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาพฤติกรรมการดำรงชีวิตและการปรับตัวของปลา เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างปลาและพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการจัดการใช้ประโยชน์ทรัพยากรทางทะเลได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสถานีวิจัยประมงศรีราชา คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับความอนุเคราะห์และสนับสนุนการดำเนินการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

สถานีวิจัยประมงศรีราชา. 2544. การเลี้ยงและแปรรูปหอยแมลงภู่แบบครบวงจร. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ, สถานวิจัยประมงศรีราชา, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Alleway, H.K., Gillies, C.L., Bishop, M.J., Gentry, R.R., Theuerkauf, S.J., Jones, R. 2019. The ecosystem services of marine aquaculture: valuing benefits to people and nature. BioScience 69: 59–68.

Bridger, D., Attrill, M.J., Rees, S.E., Sheehan, E.V. 2024. The aggregation effect of offshore mussel farming on pelagic fishes. Aquac. Fish. Fish. 4: e165. doi: 10.1002/mcf2.10282

Callier, M.D., McKindsey, C.W., Desrosiers, G. 2007. Multi-scale spatial variations in benthic sediment geochemistry and macrofaunal communities under a suspended mussel culture. Mar. Ecol. Prog. Ser. 348: 103–115.

Carbines, G.D. 1993. The ecology and early life history of Notolabrus celidotus (Pisces: Labridae) around mussel farms in the Marlborough Sounds.

Clynick, B.G., McKindsey, C.W., Archambault, P. 2008. Distribution and productivity of fish and macroinvertebrates in mussel aquaculture sites in the Magdalen islands (Québec, Canada). Aquaculture 283: 203–210.

Fischer, W., Bianchi, G. 1984. FAO species identification sheets for fishery purposes: Western.

Kimura, S., Arshad, A., Imamura, H., Ghaffar, M. 2015. Fishes of the northwestern Johor Strait, peninsular Malaysia. Univ. Putra Malaysia Press, Serdang.

Luyeye, N. 2002. Studies of biology ecology and school behaviour of Sardinella in the Angolan fishery.

Mascorda–Cabre, L., Hosegood, P., Attrill, M.J., Sheehan, E.V. 2024. Biogenic reef creation and biodiversity enhancement by an offshore longline mussel farm. Ecol. Indic. 167: 112708.

Matsuura, K. 2001. Triacanthidae Triplespines. In: Carpenter, K.E., Niem, V.H. (eds.), FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes, The Living Marine Resources of the Western Central Pacific 6: 3905–3910.

Seah, Y.G., Abdullah, S., Zaidi, C.C., Mazlan, A.G. 2009. Systematic accounts and some aspects of feeding and reproductive biology of ponyfishes (Perciformes: Leiognathidae). Sains Malays. 38: 47–56.

Šegvić-Bubić, T., Grubišić, L., Karaman, N., Tičina, V., Jelavić, K.M., Katavić, I. 2011. Damages on mussel farms potentially caused by fish predation self-service on the ropes. Aquaculture 319: 497–504.

Tonn, W.M., Magnuson, J.J. 1982. Patterns in the species composition and richness of fish assemblages in northern Wisconsin lakes. Ecology 63: 1149–1166.

Veggerby, K.B., Scheuerell, M.D., Sanderson, B.L., Kiffney, P.M., Ferriss, B.E. 2024. Shellfish aquaculture farms as foraging habitat for nearshore fishes and crabs. Mar. Coast. Fish. 16. doi: 10.1002/mcf2.10282

Walker, T.R., Adebambo, O., Feijoo, M.C.D.A., Elhaimer, E., Hossain, T., Edwards, S.J., Morrison, C.E., Romo, J., Sharma, N., Taylor, S. 2019. Environmental effects of marine transportation. In: World Seas: An Environmental Evaluation 2: 505–530.

ปลากระดูกอ่อนที่เป็นสัตว์น้ำพลอยจับที่พบจากแพปลาเอกชนในอำเภอเมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

Cartilaginous fishes, as by-catch from Privately-owned fishing ports in Mueang Phuket district, Phuket province

ภูริณัฐ นิธิวรกุล[a], **นภาขวัญ แหวนเพชร**[a,*], **สมหมาย เจนกิจการ**[b]

Phurinat Nitivorakul[a], Napakhwan Whanpetch[a,*], Sommai Janekitkarn[b]

[a]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[b]ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

[b]Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

การสำรวจชนิดและจำนวนตัวของปลากระดูกอ่อนที่เป็นสัตว์น้ำพลอยจับที่พบจากแพปลาเอกชนในอำเภอเมืองภูเก็ตระหว่างเดือนเมษายนถึงมิถุนายน พ.ศ. 2567 สุ่มตัวอย่างเพื่อใช้จำแนกชนิดด้วย Photographic Techniques for shark และ Photographic Techniques for Rays and Skates (SEAFDEC, 2017) พบปลากระดูกอ่อนจำนวน 23 ชนิด จาก 11 วงศ์ แบ่งเป็นปลาฉลาม 10 ชนิด และปลากระเบน 13 ชนิด โดยกลุ่มปลากระเบนมีจำนวนชนิดและจำนวนตัวมากกว่ากลุ่มปลาฉลาม ปลาฉลามที่เป็นชนิดเด่น ได้แก่ *Squalus hemipinnis* (51.13%), *Chiloscyllium punctatum* (19.09%), และ *Carcharhinus sorrah* (10.36%) ตามลำดับ ส่วนปลากระเบนที่พบมากได้แก่ *Rhinobatos ranongensis* (53.08%), *Neotrygon malaccensis* (13.83%), และ *Gymnura poecilura* (9.05%) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปลากระเบน, ปลาฉลาม, สัตว์น้ำพลอยจับ, อวนลากคู่, อวนลากแผ่นตะเฆ่

Abstract

Study on species and number of Cartilaginous fishes as by-catch were sampling from privately-owned fishing ports in Mueang Phuket District, Phuket provinces. This study was conducted between April to June 2024. Samples were prepared under the photo techniques for sharks and rays (SEAFDEC, 2017). Results were revealed the 23 species from 11 families comprised of 10 shark species and 13 ray species. Total number and species of rays were higher than sharks. The most dominant shark species were *Squalus hemipinnis* (51.13%), *Chiloscyllium punctatum* (19.09%), and *Carcharhinus sorrah* (10.36%) respectively, while the most dominant ray species were *Rhinobatos ranongensis* (53.08%), *Neotrygon malaccensis* (13.83%), and *Gymnura poecilura* (9.05%) respectively.

Keywords: By-catch, Otter board trawl, Pair trawl, Ray, Shark

คำนำ

ในน่านน้ำของประเทศไทยจัดว่าปลากระดูกอ่อนมีความหลากหลายมากแห่งหนึ่งของโลก มีรายงานรวม 191 ชนิด ประกอบด้วย กลุ่มปลาฉลาม 87 ชนิด กลุ่มปลากระเบน 99 ชนิด และกลุ่มปลาหนู 5 ชนิด (Jabado et al., 2024) ในระบบนิเวศทางทะเล ปลากระดูกอ่อนมีความสำคัญ ปลาฉลามจัดเป็นผู้ล่าสูงสุดของห่วงโซ่อาหาร หากประชากรปลาฉลามลดลงย่อมส่งผลต่อความสมดุลของระบบนิเวศทางทะเลได้ (เพชร, 2561) ปัจจุบันพบว่าทั่วโลกมีแนวโน้มการจับปลากระดูกอ่อนลดลง (วราพร, 2552; กรมประมง, 2564) เนื่องจากมีระยะการเจริญเติบโตและการเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ช้า มีจำนวนลูกต่อจำนวนแม่ค่อนข้างต่ำ ระยะเวลาตั้งท้องยาวนานและถูกคุกคามจากการทำประมง โดยภัยคุกคามที่สำคัญต่อปลากระดูกอ่อน คือการใช้ทรัพยากรเกินกำลังผลิต (Jabado et al., 2024) จากสถิติการขึ้นท่าของปลาโดยกรมประมง พบว่า ปลากระดูกอ่อนส่วนใหญ่เป็นสัตว์ที่ถูกจับโดยบังเอิญหรือสัตว์น้ำพลอยจับได้ โดยเฉพาะจากเครื่องมืออวนลาก นอกจากนี้ พบว่ายังมีปลากระดูกอ่อนที่ถูกจัดอยู่ในสถานภาพที่ถูกคุกคาม เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (Vulnerable) หลายชนิด เช่น ปลาฉลามหัวค้อน (*Sphyrna lewini*) (สผ., 2561; กรมประมง, 2564; ทัศพล และคณะ, 2565) เป็นต้น

ปลากระดูกอ่อนที่ขึ้นท่าส่วนใหญ่ถูกจัดเป็นสัตว์น้ำพลอยจับ (by-catch) Jabado et al. (2024) รายงานว่าผลผลิตประมงทะเลในประเทศไทยมีปลากระดูกอ่อน สัดส่วนไม่ถึง 0.5% เมื่อแยกตามประเภทเครื่องมือประมง พบว่าอวนลากแผ่นตะเฆ่สามารถจับปลาฉลามและปลากระเบนได้มากกว่า 80% รองลงมาคืออวนลากคู่จับได้มากกว่า 10% ของประเภทเครื่องมือประมงทั้งหมดที่จับปลาฉลามและปลากระเบนได้ หากพิจารณาเฉพาะทะเลอันดามัน กรมประมง (2564) รายงานว่าปลากระดูกอ่อนถูกจับได้จากเรืออวนลากมากที่สุด แหล่งประมงเรืออวนลากที่สำคัญในฝั่งทะเลอันดามันคือเขตการประมงที่ 2 และ 3 แสดงดัง Fig. 1 ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดภูเก็ต กระบี่และตรัง (สิชล และคณะ, 2558) โดยพบว่ามีรายงานเกี่ยวกับสัตว์น้ำพลอยจับและชนิดของปลากระดูกอ่อนที่เป็นสัตว์น้ำพลอยจับของพื้นที่นี้ค่อนข้างน้อยและรายงานเป็นภาพรวม (กรมประมง, 2567) ดังนั้น หากมีการศึกษาเกี่ยวกับชนิดและจำนวนของสัตว์น้ำพลอยจับได้จากเครื่องมือประมงในบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันจะช่วยให้สามารถเข้าใจถึงองค์ประกอบชนิดของปลากระดูกอ่อนที่เป็นสัตว์น้ำพลอยจับ ได้จากอวนลากแผ่นตะเฆ่ที่มีการทำประมงในพื้นที่น่านน้ำของจังหวัดภูเก็ตด้านตะวันตกและทิศใต้ของเกาะภูเก็ตจนถึงเกาะราชาใหญ่และอวนลากคู่ที่มีการทำประมงในพื้นที่น่านน้ำของจังหวัดภูเก็ตด้านตะวันออกของเกาะจนถึงน่านน้ำของจังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง โดยทำการประมงในช่วงเวลาตั้งแต่ 16:00–20:00 น. จะสามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูล เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านการติดตามตรวจสอบและกำหนดแผนการเพื่อการอนุรักษ์และการจัดการทรัพยากรปลากระดูกอ่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1.อุปกรณ์สำหรับบันทึกภาพ 2.ไม้บรรทัดและตลับเมตร 3.หนังสือและรายงาน ของ (Compagno, 1998; Compagno, 1999; Borsa et al., 2018; ทัศพล และคณะ, 2565)

พื้นที่การศึกษา

สำรวจและเก็บข้อมูลจากเรืออวนลากแผ่นตะเฆ่และอวนลากคู่ จากแพปลาเอกชนในอำเภอเมืองภูเก็ต ซึ่งมีพื้นที่ทำการประมงในเขตทะเลของจังหวัดภูเก็ต กระบี่และตรัง โดยอวนลากแผ่นตะเฆ่ มีการทำประมงในพื้นที่น่านน้ำของจังหวัดภูเก็ตด้านตะวันตกและทิศใต้ของเกาะภูเก็ตจนถึงเกาะราชาใหญ่ และอวนลากคู่ มีการทำประมงในพื้นที่น่านน้ำ

ของจังหวัดภูเก็ตด้านตะวันออกของเกาะ จนถึงน่านน้ำของจังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง ดัง Fig. 1 ในระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือนมิถุนายน 2567 โดยเรือออกทำการประมงในช่วงเวลาตั้งแต่ 16:00–20:00 น. และทำการประมงไม่เกิน 10 วันต่อการออกเรือหนึ่งครั้ง เมื่อทำประมงเสร็จ เรือจะเข้าเทียบแพปลาในช่วงเวลา 16:00–20:00 น. ซึ่งมีจำนวนเรือที่เข้าแพปลาโดยเฉลี่ย 3–4 ลำต่อวัน

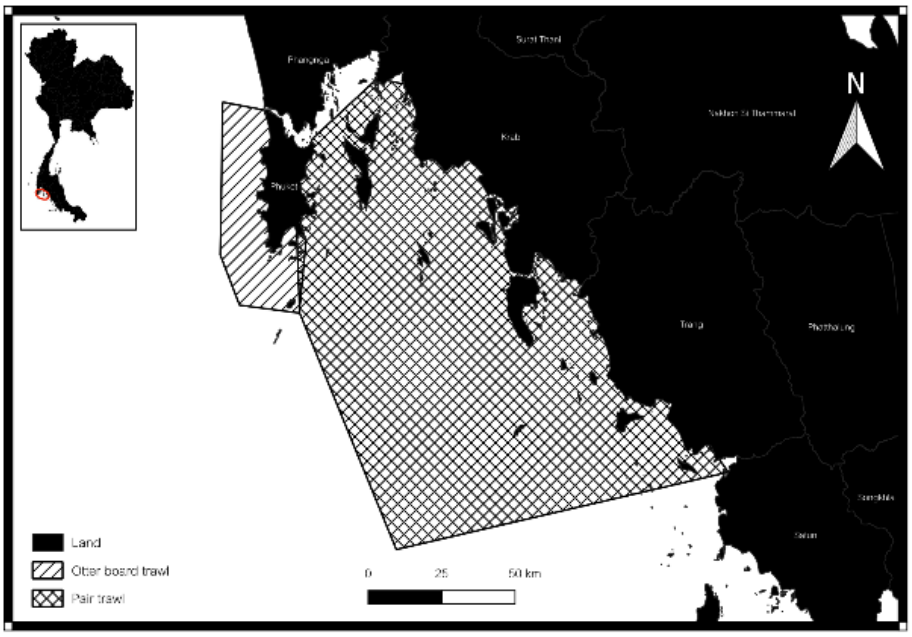


Fig. 1 The fishing areas for otter board trawl and pair trawl operating in Phuket, Krabi, and Trang provinces

ขั้นตอนการศึกษาและการเก็บภาพถ่ายตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างปลากระดูกอ่อนทุกชนิดที่สำรวจพบในแพปลาชนิดละ 4 ตัวอย่าง ทำความสะอาดและถ่ายภาพตาม Photographic Techniques for shark และ Photographic Techniques for Rays and Skates (SEAFDEC, 2017) นับจำนวนชนิดและจำนวนตัวของปลากระดูกอ่อนทั้งหมดที่พบในการประมงแต่ละครั้งเพื่อติดตามความหลากชนิดและจำนวนตัว

จำแนกชนิดปลากระดูกอ่อนตามคู่มือจำแนกและรายงานของ (Compagno, 1998; Compagno, 1999; Borsa et al., 2018; ทัศพล และคณะ, 2565)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ความหลากชนิดของปลากระดูกอ่อน

พบปลากระดูกอ่อน 11 วงศ์ 23 ชนิด รวม 1,690 ตัว ประกอบด้วย ปลาฉลาม 309 ตัว จาก 5 วงศ์ 10 ชนิด โดยวงศ์ Hemiscylliidae พบจำนวน 4 ชนิด รองลงมาได้แก่ วงศ์ Carcharhinidae พบจำนวน 3 ชนิด ส่วนอีก 3 วงศ์ที่เหลือพบวงศ์ละ 1 ชนิด (Table 1) ส่วนปลากระเบนพบ 6 วงศ์ 13 ชนิด รวม 1,381 ตัว โดย วงศ์ Dasyatidae มีจำนวนชนิดมากที่สุด จำนวน 8 ชนิด อีก 5 วงศ์ที่เหลือพบวงศ์ละ 1 ชนิด ดังผลการศึกษาใน Table 2 การศึกษาครั้งนี้พบว่าจำนวนชนิดและจำนวนตัวของกลุ่มปลากระเบนมากกว่ากลุ่มของปลาฉลาม (Fig. 2) อาจมีสาเหตุมาจากกลุ่มของปลากระเบนที่พบ

ทั้งหมดเป็นกลุ่มของสัตว์หน้าดิน โดยเครื่องมือประมงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ เครื่องมือประมงอวนลากแผ่นตะเฆ่และอวนลากคู่ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจับสัตว์หน้าดินเป็นหลัก (กรมประมง, 2540) เป็นสาเหตุให้สามารถจับกลุ่มปลากระเบนได้มากกว่ากลุ่มของปลาฉลามที่เป็นสัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ในมวลน้ำและพื้นทะเล

อนุกรมวิธานของปลากระดูกอ่อนบางชนิดยังมีความสับสนและอยู่ระหว่างการแก้ไขปัญหาทางอนุกรมวิธาน เช่น ปลากระเบนชนิด *Neotrygon orientalis, N. caeruleopunctata* ถูกจัดเป็นชื่อพ้องของ *N. malaccensis* ซึ่งในรายงานฉบับนี้ได้ใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

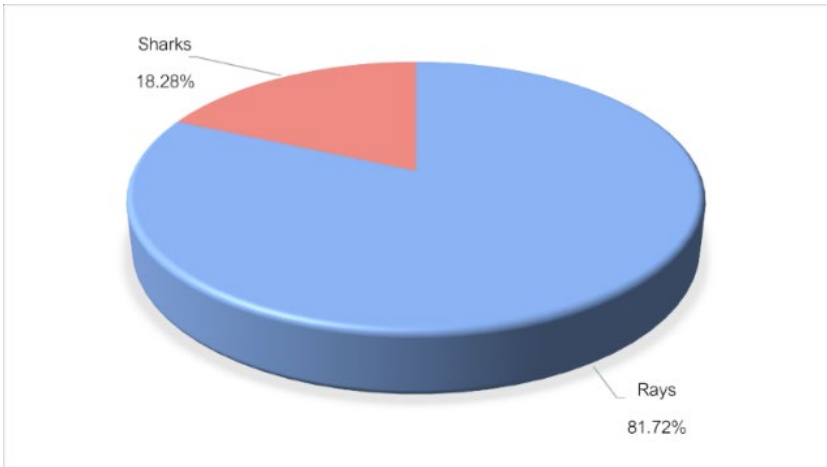


Fig. 2 Cartilaginous fish from surveys of otter board trawl and pair trawl fishing conducted

2. จำนวนตัวของปลากระดูกอ่อน

ปลากระดูกอ่อนที่มีจำนวนตัวมากที่สุด 3 ลำดับแรกของกลุ่มปลาฉลามคือ ปลาฉลามหลังหนามหน้าสั้น (*S. hemipinnis,* 51.13%), ปลาฉลามกบแถบน้ำตาล (*C. punctatum*, 19.09%) และปลาฉลามหางจุด (*C. sorrah,* 10.36%) ตามลำดับ และมีกลุ่มปลากระเบนชนิด ปลาโรนันหัวใส (*R. ranongensis*, 53.08%), ปลากระเบนจุดฟ้า (*N. malaccensis*, 13.83%) และปลากระเบนผีเสื้อหางยาว (*G. poecilura,* 9.05%) ตามลำดับ เป็น 3 อันดับแรกของกลุ่มปลากระเบนที่มีจำนวนตัวมากที่สุด (Fig. 3) เมื่อเปรียบเทียบชนิดของปลาฉลามและปลากระเบนกับรายงานของ Jabado et al. (2024) พบว่าจำนวนตัวของปลากระดูกอ่อน ที่พบในการศึกษาครั้งนี้ มีความคล้ายคลึงกับชนิดปลากระดูกอ่อนที่พบได้มากในแพปลาและตลาดปลาของประเทศไทย เช่น ปลาฉลามชนิด *C. sorrah*, *C. punctatum, C. griseum, C. hasselti* และปลากระเบนชนิด *B. heterura*, *B. imbricata*, *M. gerrardi, N. orientalis, N. caeruleopunctata, Telatrygon zugei*

Table 1 The quantity of shark species (number of individuals, %) caught by Otter board trawl and Pair trawl in fishing activities conducted in the areas of Phuket, Krabi, and Trang Provinces during April to June 2024

Family	Common name	Scientific name	Tails	%
Carcharhinidae	Spottail shark	*Carcharhinus sorrah*	32	10.36
	Blacktip reef shark	*Carcharhinus melanopterus*	1	0.32
	Sliteye shark	*Loxodon macrorhinus*	1	0.32
Hemiscylliidae	Brownbanded bambooshark	*Chiloscyllium punctatum*	59	19.09
	Indonesian bambooshark	*Chiloscyllium hasselti*	20	6.47
	Grey bambooshark	*Chiloscyllium griseum*	3	0.97
	-	*Chiloscyllium* sp.	31	10.03
Squalidae	Indonesian shortsnout spurdog	*Squalus hemipinnis*	158	51.13
Triakidae	Whitespotted gummy shark	*Mustelus stevensi*	2	0.65
Sphyrnidae	Scalloped hammerhead	*Sphyrna lewini*	2	0.65
	Total (%)		309	100.00

Table 2 The quantity of ray species (number of individuals, %) caught by Otter board trawl and Pair trawl in fishing activities conducted in the areas of Phuket, Krabi, and Trang Provinces during April to June 2024

Family	Common name	Scientific name	Tails	%
Rhinidae	Bottlenose wedgefish	*Rhynchobatus australiae*	26	1.88
Rhinobatidae	Ranong guitarfish	*Rhinobatos ranongensis*	733	53.08
Rajidae	Indian ring skate	*Orbiraja powelli*	1	0.07
Gymnuridae	Longtail butterfly ray	*Gymnura poecilura*	125	9.05
Dasyatidae	Dwarf whipray	*Brevitrygon heterura*	1	0.07
	Bengal whipray	*Brevitrygon imbricata*	72	5.21
	-	*Brevitrygon* sp.	2	0.14
	Whitespotted whipray	*Maculabatis gerrardi*	75	5.43
	Malacca Strait bluespotted maskray	*Neotrygon malaccensis*	191	13.83
	Indonesian sharpnose ray	*Telatrygon biasa*	12	0.87
	-	*Telatrygon* cf. *biasa*	46	3.33
	-	*Telatrygon* sp.	91	6.59
Aetobatidae	Spotted eagle ray	*Aetobatus ocellatus*	6	0.43
	Total (%)		1,381	100.00

ในการศึกษาครั้งนี้พบปลากระดูกอ่อนในทะเลบริเวณจังหวัดภูเก็ต กระบี่และตรัง มีความแตกต่างกันจากบริเวณอื่น ๆ โดยในการศึกษาครั้งนี้พบปลากระเบนชนิด *R. ranongensis* และ *G. poecilura* ในปริมาณมากกว่าการศึกษาของ ทัศพล (2557) ในพื้นที่จังหวัดระนอง ภูเก็ตและสตูล และปลาฉลามชนิด *S. hemipinnis* ในปริมาณมากกว่าการศึกษาของ ทัศพล (2548) ในพื้นที่จังหวัดระนองและภูเก็ต

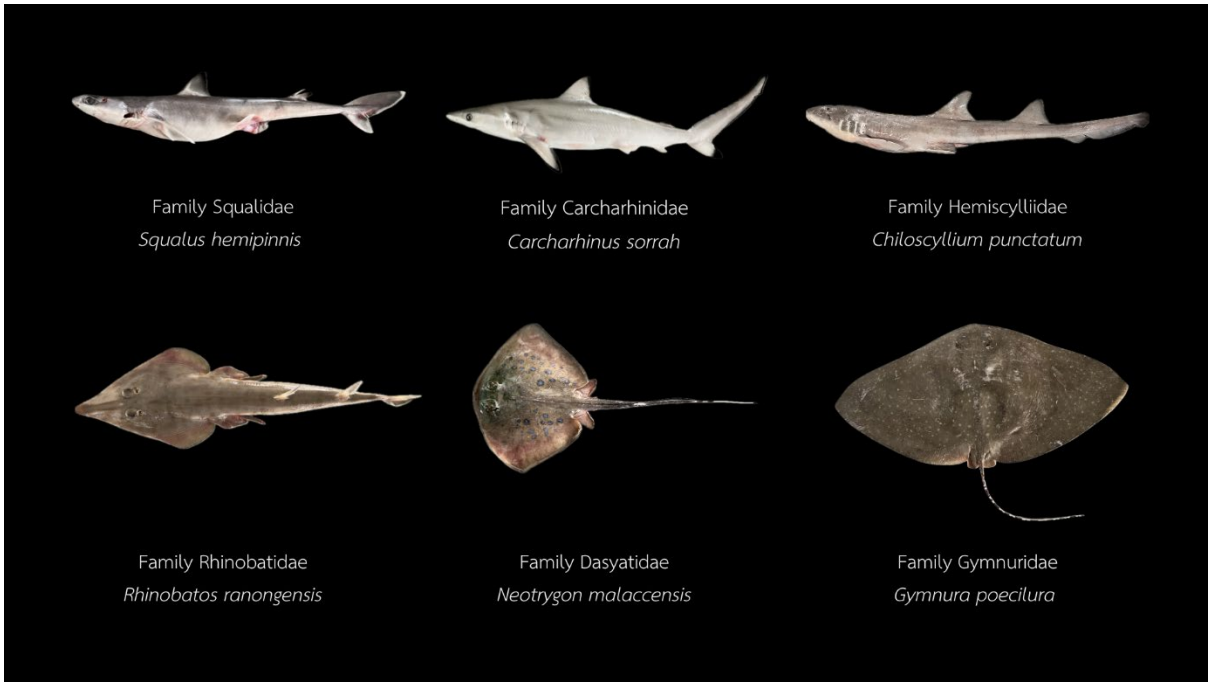


Fig. 3 The top three dominant species of sharks and rays from Privately-owned fishing ports in Mueang Phuket District, Phuket Province

สรุป

แพปลาเอกชนในอำเภอเมืองภูเก็ตมีพื้นที่ทำประมงในบริเวณพื้นที่น่านน้ำของจังหวัดภูเก็ต กระบี่ และตรัง สำรวจพบปลากระดูกอ่อนทั้งสิ้น 1,690 ตัว จาก 11 วงศ์ 23 ชนิด โดยแบ่งเป็นปลาฉลาม 10 ชนิด และปลากระเบน 13 ชนิด ปลาฉลามที่เป็นวงศ์เด่นคือ วงศ์ Hemiscylliidae ในขณะที่ปลากระเบนที่เป็นวงศ์เด่นคือ วงศ์ Dasyatidae ถ้าพิจารณาเกี่ยวกับจำนวนตัวที่พบ กลุ่มปลาฉลามที่มีจำนวนตัวมากที่สุด 3 ลำดับแรกในพื้นที่ ได้แก่ *S. hemipinnis*, *C. punctatum* และ *C. sorrah* ส่วนกลุ่มปลากระเบนที่มีจำนวนตัวมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ *R. ranongensis*, *N. malaccensis* และ *G. poecilura* ทั้งนี้ในอนาคตอาจมีการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลของสัตว์น้ำพลอยจับในกลุ่มปลากระดูกอ่อนในเขตทะเลอันดามันให้มีความครอบคลุมมากขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือจาก คุณทัศพล กระจ่างดารา ให้คำแนะนำในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และ นายวรพล ใสสว่าง ที่ช่วยถ่ายภาพตัวอย่าง ขอขอบคุณ ทางแพปลา จังหวัดภูเก็ต ที่ให้ข้อมูลสำคัญและสถานที่สำหรับการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2540. คำนิยามและการจำแนกเครื่องมือประมงทะเลของไทย. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2564. แผนปฏิบัติการแห่งชาติเพื่อการอนุรักษ์และการบริหารจัดการฉลามของประเทศไทย พ.ศ.2563–2567. กรมประมง. กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2567. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2566. เอกสารฉบับที่ 11/2567. ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง. กรุงเทพฯ.

ทัศพล กระจ่างดารา. 2548. ชนิด การเจริญพันธุ์ และการประมงปลาฉลามทางฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย. ใน: การประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน. ภูเก็ต, หน้า 90–108.

ทัศพล กระจ่างดารา, มนตรี สุมณฑา, สนธยา บุญสุข, สุภชัย รอดประดิษฐ์, ธุมาวดี ใจเย็น. 2557. การเก็บรวบรวมข้อมูลปลากระเบนทางฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย. ใน: รายงานสรุปผลการดำเนินงานโครงการความร่วมมือระหว่างกรมประมงและโครงการจัดการระบบนิเวศน์ขนาดใหญ่ในอ่าวเบงกอล (BOBLME). ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเล สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง. ภูเก็ต, หน้า 15–38.

ทัศพล กระจ่างดารา, ชวลิต วิทยานนท์, อาหมัด อาลี, แอนนี่ ลิ้ม, มนตรี สุมณฑา, สุภชัย รอดประดิษฐ์, นันทริกา ชันซื่อ, ฐนิดา เหตระกูล. 2565. ปลากระดูกอ่อนของไทยและน่านน้ำใกล้เคียง. วนิดาการพิมพ์. เชียงใหม่.

เพชร มโนปวิตร. 2561. ฉลาม นักล่าผู้รักษาสมดุลแห่งท้องทะเล. https://www.greenpeace.org/thailand/story/1960/shark-balance-oceans/#comments, 30 พฤศจิกายน 2567.

วราพร ดีชุม. 2552. ชนิด และชีววิทยาบางประการของปลาฉลามและปลากระเบนที่ท่าเทียบเรือประมงฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สิชล หอยมุข, เพราลัย นุชหมอน, อุดมสิน อักษรผอบ, สัมพันธ์ ปานจรัตน์. 2558. ทรัพยากรและการประมงอวนลากพาณิชย์ทางฝั่งทะเลอันดามัน. กรมประมง. 2558: 1–57.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. ชนิดพันธุ์ที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ในประเทศไทย กลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลัง. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

Borsa, P., Arlyza, I.S., Hoareau, T.B., Shen, K. 2018. Diagnostic description and geographic distribution of four new cryptic species of the blue-spotted maskray species complex (Myliobatoidei: Dasyatidae; *Neotrygon* spp.) based on DNA sequences. Journal of Oceanology and Limnology. 2018: 827–841. doi.org/10.1007/s00343-018-7056-2

Compagno, L.J.V. 1998. Sharks. In: Carpenter, K.E.; Niem, V.H. (eds). FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resource.

ความสัมพันธ์ของความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกับคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง จังหวัดราชบุรี

Relationship between species diversity and abundance of benthic macroinvertebrates and water quality in Hui Mai Teng Reservoir, Ratchaburi Province

นิติธร จันทร์เพ็ญ[a], **พัชรี ครูขยัน**[a,*], **พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล**[b]

Nititorn Chanpen[a], Patcharee Khrukhayan[a,*], Phongchate Pichitkul[b]

[a]ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[b]ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[a]Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[b]Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

ความสัมพันธ์ระหว่างความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกับคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง จังหวัดราชบุรี ได้ถูกสำรวจตั้งแต่เดือนตุลาคม 2565 ถึงเดือนสิงหาคม 2566 ทุกๆ 2 เดือน แบ่งเป็นบริเวณที่มีการทำการประมง (สถานีที่ 1) และบริเวณชุมชน (สถานีที่ 2) พบว่าความหลากชนิดของสัตว์หน้าดินในสถานีที่ 1 มากกว่าสถานีที่ 2 โดยพบจำนวน 15 ชนิด และ 5 ชนิด ตามลำดับ ชนิดเด่นที่พบคือ หอยกินหอย (*Anentome helena*) ค่าดัชนีความหลากหลาย และค่าดัชนีความมากชนิด พบในสถานีที่ 1 มีค่ามากกว่า 2 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ที่พบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์หน้าดินโดยเฉพาะตัวอ่อนแมลงปอ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการรบกวนจากมนุษย์มีผลต่อสังคมของสัตว์หน้าดิน

คำสำคัญ: ค่าดัชนีความหลากหลาย, คุณภาพน้ำ, สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน, อ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง

Abstract

The correlation between species diversity and abundance of benthic macroinvertebrates and water quality in Huai Mai Theng Reservoir, Ratchaburi Province, was carried out from October 2022 to August 2023, with bi-monthly sampling. The sampling sites comprised a fishing ground (Station 1) and a high-density residence area (Station 2). Results revealed that the species diversity of benthic macroinvertebrates in Station 1 was higher than in Station 2, with 15 species and 5 species, respectively. The dominant species was the assassin snail (*Anentome helena*). At the same time, the diversity index and species richness index were also higher at Station 1. In addition, dissolved oxygen (DO) was significantly different between the two stations ($p < 0.01$) and was also positively related to species diversity and abundance, especially the number of dragonfly larvae. In conclusion, human disturbances affect the community structure of benthic macroinvertebrates.

Keywords: Benthic macroinvertebrate, Hui Mai Teng Reservoir, Species diversity index, Water quality

คำนำ

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (benthic macroinvertebrates) หมายถึง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยหรือหากินตามพื้นท้องน้ำ หรือเกาะอาศัยตามโขดหินในแหล่งน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วสัตว์เหล่านี้จะมีขนาดใหญ่กว่า 500 ไมโครเมตร (นฤมล, 2542) สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบมากในแหล่งน้ำจืดได้แก่ สัตว์ในกลุ่มแอนเนลิด (ไส้เดือนน้ำ) สัตว์ในกลุ่มสัตว์ขาปล้อง (กุ้ง ปู และแมลงน้ำ) และสัตว์ในกลุ่มหอย ได้แก่ หอยฝาเดียวและหอยสองฝาน้ำจืด (พงศ์เชฎฐ์, 2537) ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด คือเป็นอาหารของสัตว์น้ำชนิดอื่นทำให้ถ่ายทอดพลังงานผ่านห่วงโซ่อาหาร และช่วยในการหมุนเวียนแร่ธาตุในระบบนิเวศ และเป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดที่ทั่วโลกใช้ในการติดตามตรวจสอบในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เนื่องจากมีขนาดใหญ่ มีการเคลื่อนที่น้อยและไวต่อมลภาวะที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำทุกประเภท (Singh and Sharma, 2020) โดยถ้ามีการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาและสามารถกำหนดแนวทางแก้ไขในอนาคตได้

อ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 199 ตารางกิโลเมตร ในเขตอำเภอจอมบึง และอำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี ไว้สำหรับใช้เป็นที่กักเก็บน้ำเพื่อการเกษตร การอุปโภคและบริโภค รวมถึงเป็นแหล่งน้ำสำคัญในการทำประมงโดยใช้เครื่องมือลอบ อวนติดตา และเบ็ด สร้างรายได้ให้กับชาวประมงในพื้นที่ และเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญต่อบริเวณพื้นที่รอบๆ ต่อมาได้พบกับปัญหาปริมาณน้ำกักเก็บไม่เต็มอ่าง เนื่องจากพื้นที่ต้นน้ำของห้วยไม้เต็งมีสภาพเสื่อมโทรมและถูกบุกรุก (กองการศึกษา, องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำพุ, 2563) ทำให้ปัจจุบันอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็งมีสภาพที่เสื่อมโทรมลงจากในอดีต อีกทั้งพื้นที่แห่งนี้ยังไม่มีการศึกษาด้านนิเวศวิทยาทางน้ำทั้งในด้านคุณภาพน้ำ และทรัพยากรธรรมชาติ ดั้งนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน คุณภาพน้ำ และความสัมพันธ์ระหว่างชนิด และความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกับคุณภาพน้ำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นทำให้ทราบถึงสถานภาพปัจจุบันของทรัพยากรสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่มีอยู่ รวมถึงสถานภาพปัจจุบันของแหล่งน้ำ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหารวมถึงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง จังหวัดราชบุรี จำนวน 2 สถานี แสดงดัง Fig. 1

สถานีที่ 1 เป็นบริเวณที่แหล่งน้ำที่มีการทำการประมง มีปริมาณผลจับปลาได้ชุกชุม มีการทำประมงโดยใช้เครื่องมืออวนติดตา ลอบ และเบ็ด มีความลึกประมาณ 10 เมตร

สถานีที่ 2 เป็นบริเวณชุมชนที่แหล่งน้ำมีการใช้ประโยชน์จากชุมชน และไม่มีการทำประมง อยู่ใกล้ร้านค้าและแหล่งท่องเที่ยวของชุมชน มีความลึกประมาณ 15 เมตร

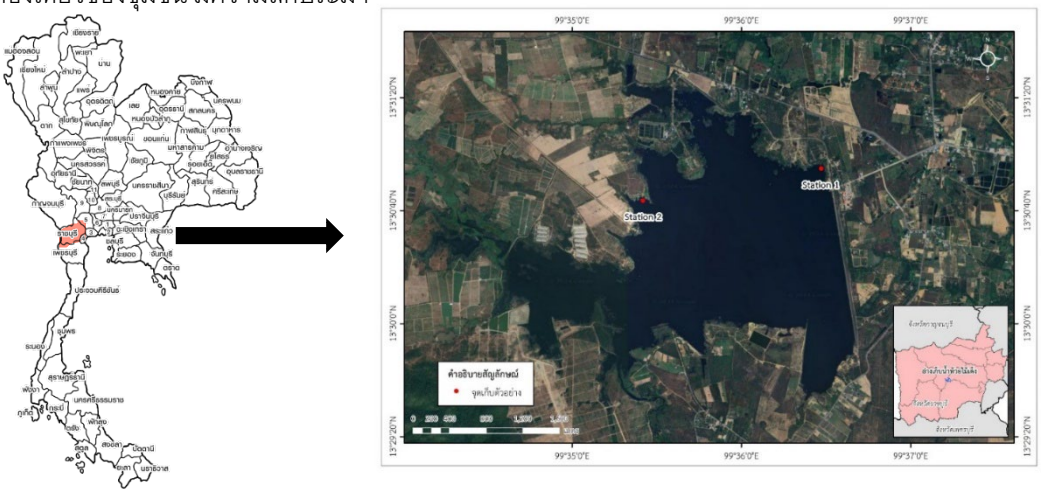


Fig. 1 Map showing the location of study sites in the Hui Mai Teng reservoir, Ratchaburi province.

การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

ทำการเก็บตัวอย่างในทุก ๆ 2 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2565 ถึงเดือนสิงหาคม 2566 โดยใช้เครื่องมือ basket sampler ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 13×13×18 เซนติเมตร โดยใส่วัสดุล่อเป็นก้อนหินและเศษวัสดุที่ใกล้เคียงกับลักษณะพื้นท้องน้ำในบริเวณที่ศึกษา วางเครื่องมือไว้ที่บริเวณพื้นท้องน้ำ จุดละ 3 เครื่อง ครั้งละ 2 เดือน รวมทั้งหมด 6 ครั้ง จากนั้นนำวัสดุล่อจากเครื่องมือออกมาใส่ถาดอลูมิเนียมเพื่อคัดแยกตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างมาเก็บรักษาในแอลกอฮอล์เข้มข้น 70% และนำมาจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีของ MORSE J.C. et al. (1997)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาคสนาม

วิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาคสนามโดยใช้ YSI meter model 550A และ pH100A ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) และใช้ Secchi disk วัดค่าความโปร่งแสงของน้ำ โดยจะเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันทุกครั้งในการสำรวจ คือ ช่วงที่มีแสง เวลาประมาณ 9:00–10:00 น. ในทั้ง 2 สถานี

การวิเคราะห์ข้อมูล

จำนวนชนิดและปริมาณที่พบในแต่ละสถานี ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ ได้แก่ ค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon–Weiner index; H' ค่าดัชนีความมากชนิด Species Richness index; d และค่าดัชนีความสม่ำเสมอ Evenness Index; J โดยใช้ PAST statistical software ver. 5.0.2 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ความแตกต่างระหว่างคุณภาพน้ำในแต่ละสถานีในระหว่างเดือน โดยวิธี t-test analysis โดยใช้ MS Excel และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทั้ง 4 พารามิเตอร์กับสถานี โดยใช้ PC–ORD6

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง

จากการศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง ในสถานีที่ 1 บริเวณที่มีการทำการประมงและสถานีที่ 2 พื้นที่ใกล้แหล่งชุมชน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2565 ถึงเดือนสิงหาคม 2566 จำแนกได้เป็น 3 ไฟลัม (Phyla) 4 ชั้น (Classes) 7 อันดับ (Orders) 13 วงศ์ (Families) 17 ชนิด (Species) ไฟลัมที่พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมากที่สุดได้แก่ Phylum Arthropoda รองลงมาคือ Phylum Mollusca และ Phylum Annelida คิดเป็นร้อยละ 60, 29 และ 11 ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบทั้งหมด ตามลำดับ ในสถานีที่ 1 พบสัตว์ใน order Odonata มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.64 ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมดที่พบในสถานีที่ 1 และพบหอยกินหอย (*Anentome helena*) เป็นชนิดเด่น มีจำนวนมากที่สุดและพบทุกครั้งในการสำรวจ มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 66 ตัว/ตารางเมตร รองลงมาเป็นตัวอ่อนแมลงปอ (*Cordulia* sp.) มีความหนาแน่นเฉลี่ย 50 ตัว/ตารางเมตร โดยพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมากที่สุดในเดือนมิถุนายน 2566 เท่ากับ 397 ตัว/ตารางเมตร ส่วนในสถานีที่ 2 พบสัตว์ในกลุ่มหอยฝาเดียว (Class Gastropoda) และปลิง (Class Hirudenea)มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.26 ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมดที่พบในสถานีที่ 2 เท่ากัน พบปลิง (*Paecilodella* sp.) และหอยกินหอย (*Anentome helena*) เป็นชนิดเด่น โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากันคือ 38 ตัว/ตารางเมตร และพบทุกครั้งในการสำรวจเช่นเดียวกัน รองลงมาเป็นตัวอ่อนริ้นน้ำจืด (*Chironomus* sp.) มีความหนาแน่นเฉลี่ย 17 ตัว/ตารางเมตร พบปริมาณสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2566 เท่ากับ 143 ตัว/ตารางเมตร แสดงดัง Fig. 2A

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินชนิดเด่นด้านความชุกชุมที่พบ 5 ชนิด ได้แก่ หอยกินหอย *Anentome helena*, ตัวอ่อนแมลงปอ *Cordulia* sp., ปลิง *Paecilodella* sp.,ปูลำห้วย *Siamthelphusa* sp. และกุ้งฝอย *Macrobranchium* sp. พบจำนวน 625, 299, 228, 198 และ 197 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ

สถานีที่ 1 พบสัตว์ไม่กระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด 1,544 ตัว/ตารางเมตร จำแนกได้ 15 ชนิด และสถานีที่ 2 พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด 612 ตัว/ตารางเมตร จำแนกได้ 5 ชนิด ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพทุกดัชนี ตลอดทั้งปีพบว่าในสถานีที่ 1 จะมีค่ามากกว่าสถานีที่ 2 ได้แก่ ค่าดัชนีความหลากหลาย (H') มีค่าเท่ากับ 2.209 และ 1.309 ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) มีค่าเท่ากับn0.816 และ 0.809 และค่าดัชนีความมากชนิด (Species

Richness index) มีค่าเท่ากับ 1.907 และ 0.623 ที่พบในสถานีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดัง Fig. 2(B–D) กล่าวได้ว่าในสถานีที่ 1 บริเวณที่มีการทำการประมงมีความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินสูงกว่าในสถานีที่ 2 บริเวณแหล่งชุมชน เนื่องจากในสถานีที่ 2 มีการใช้ประโยชน์เป็นแหล่งท่องเที่ยว แหล่งน้ำมีการถูกรบกวน และน้ำเสียจากชุมชนมากกว่าในสถานีที่ 1 จึงทำให้ไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายตามวิธีของ Baliton et al. (2020) พบว่าค่าดัชนีความหลากหลายในสถานีที่ 1 จัดอยู่ในระดับต่ำ (ช่วงระหว่าง 2.00–2.49) และในสถานีที่ 2 อยู่ในระดับต่ำมาก (ช่วงระหว่าง 1.99 และต่ำกว่า)

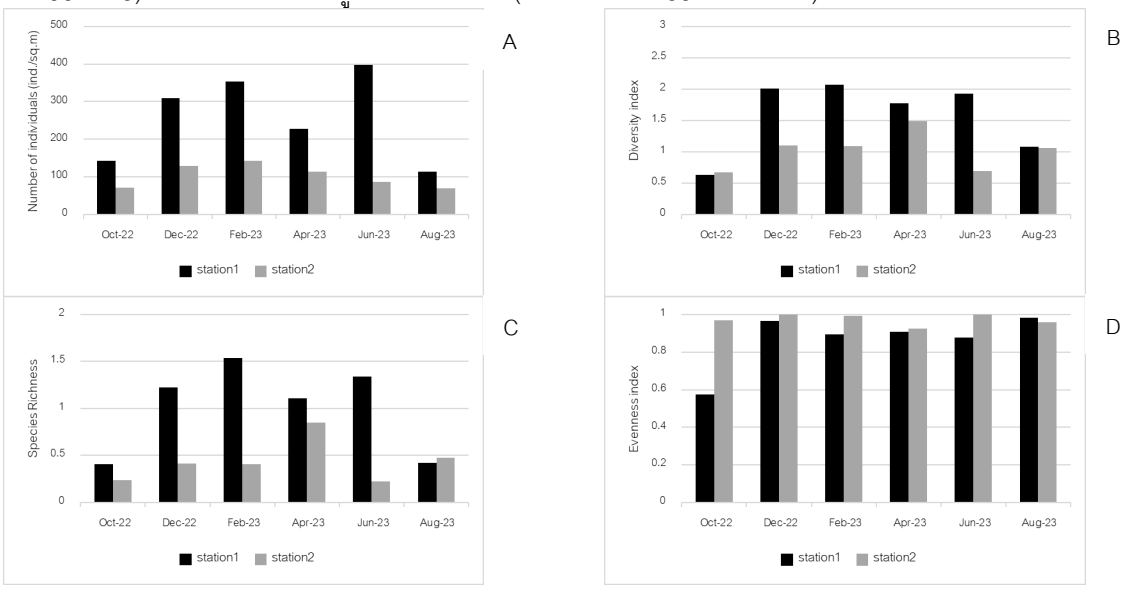


Fig. 2 Number of individuals of benthic macroinvertebrate found (A) and biodiversity index (B–D) during the study period

คุณภาพน้ำ

จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และความเป็นกรด–ด่างของน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (กรมประมง, 2553) ยกเว้นค่าความโปร่งแสงของน้ำที่มีมากเกินไป และทั้ง 2 สถานีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยอุณหภูมิของน้ำของทั้ง 2 สถานี มีค่าอยู่ระหว่าง 26.0–31.2 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนละลายน้ำพบในสถานีที่ 1 มีค่ามากกว่าสถานีที่ 2 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P <0.01) อาจเนื่องมาจากในสถานีที่ 1 มีพรรณไม้น้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอก ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำ ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เพิ่มขึ้นอาจมาจากการสังเคราะห์แสงของพรรณไม้น้ำ สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างหรือ pH ในสถานีที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 7.19–8.94 ในสถานีที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 7.09–8.83 และค่าความโปร่งแสงของน้ำของทั้ง 2 สถานี มีค่ามากกว่า 60 เซนติเมตร ซึ่งถือว่ามีความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำต่ำ มีปริมาณของแพลงก์ตอนน้อย โดยในสถานีที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 82–102 เซนติเมตร ในสถานีที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 86–114 เซนติเมตร แสดงดัง Table 1 และ Fig. 3

Table 1 Mean values and standard deviation of water quality parameters.

Parameters	Station 1	Station 2	*P* values	Guideline values*
Temperature (°C)	27.97±1.60	27.82±1.60	0.47	23 – 32
Dissolved oxygen (mg/l)	5.68±0.55[a]	3.04±0.39[b]	0.000002	>3
pH	7.73±0.62	8.15±0.61	0.25	6.5 - 9
Transparency (cm)	95.67±9.16	100.67±10.73	0.34	30 - 60

*water quality guidelines for aquatic ecosystem (Department of Fisheries, 2022)

The *P* values marked with bold and underline = highly significant differences (*P* <0.01)

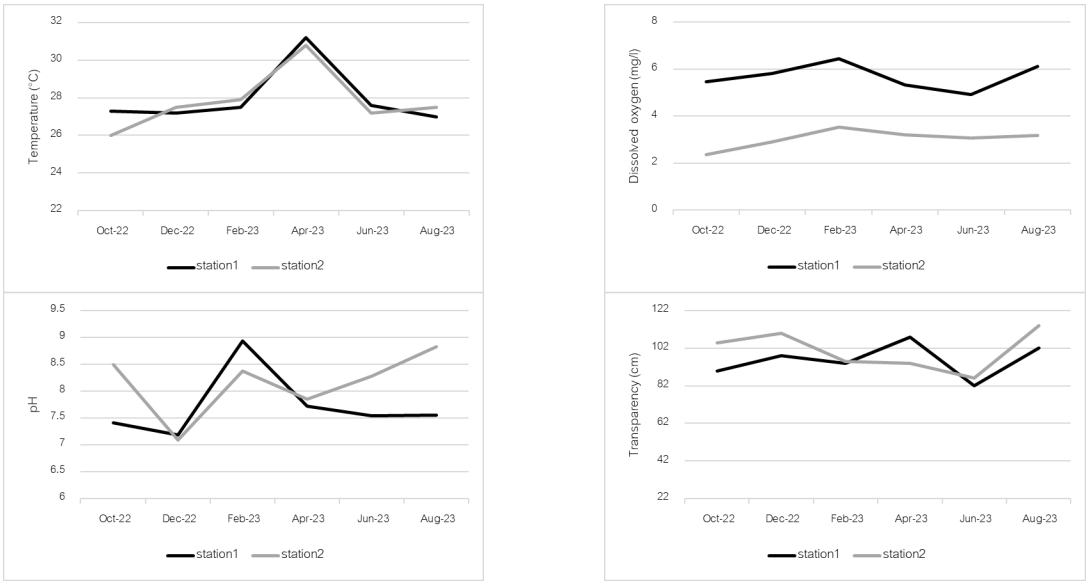


Fig. 3 Monthly water quality parameters in water bodies during the study period

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำ ค่าดัชนีความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของน้ำกับค่าดัชนีชี้วัดความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชุกชุม (N) จำนวนชนิด (S) และค่าดัชนีความมากชนิด (d) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* <0.05) แสดงดัง Fig. 4

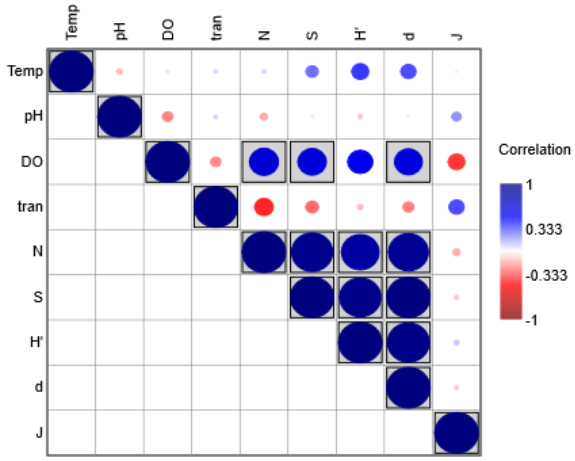


Fig. 4 Pearson correlation coefficient plot for environmental parameters with number of individuals (N), number of species (S) and biodiversity index: species diversity indices score (H'), species richness (d) and evenness index (J). Significant correlations (*P* <0.05) were marked with boxes.

ผลจากการวิเคราะห์การจัดลำดับหมู่ (ordination analysis) เพื่อแสดงความสัมพันธุ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธี CCA พบว่าปัจจัยคุณภาพน้ำ มีอิทธิพลต่อความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน จากการวิเคราะห์พบว่าค่า Eigenvalues ของแกน Axis 1, 2, และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.554 0.246 และ 0.084 ตามลำดับ กล่าวได้ว่าแกน Axis 1 และ 2 มีการตอบสนองต่อตัวแปรอิสระมากที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกับปัจจัยคุณภาพน้ำอยู่ในระดับสูง ใน

แกน Axis 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.931 และ 0.881 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยคุณภาพน้ำมีความสัมพันธ์กับการปรากฏของชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินสูง แสดงดัง Table 2

Table 2 CCA results indicating the correlation between water quality parameters and benthic macroinvertebrates communities

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalues	0.554	0.246	0.084
% of variance explained	34.7	15.4	5.2
Cumulative % explained	34.7	50.2	55.4
Pearson Correlation, Spp-Envt*	0.931	0.881	0.697

* Correlation between sample scores for an axis derived from the species data and the sample scores that are linear combinations of the environmental variables.

Table 3 Correlation of water quality parameters on each axis

Parameters	Correlation*		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Temperature	0.163	-0.497	0.847
Dissolved oxygen	0.962	0.270	-0.040
pH	0.115	-0.509	-0.281
Transparency	0.017	-0.803	-0.213

*Correlations are “intra-set correlation” of ter Braak (1986)

เมื่อพิจารณาแต่ละพารามิเตอร์ของปัจจัยคุณภาพน้ำพบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมากที่สุด (r =0.962) ดังนั้นอธิบายได้ว่า DO มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับกลุ่มตัวอ่อนแมลงปอ (*Cephalaeschna* sp., *Cordulia* sp.และ *Libellula* sp.) และปูลำห้วย (*Siamthelphusa* sp.) แสดงให้เห็นว่า สัตว์กลุ่มนี้ชอบอาศัยในบริเวณที่มีค่าออกซิเจนละลายน้ำค่อนข้างสูงและ pH ที่เป็นกลาง ในขณะเดียวกันหนอนแดง (*Chironomus* sp.) และ ปลิง (*Paecilodella* sp.) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า DO แสดงให้เห็นว่าสัตว์กลุ่มนี้ชอบอาศัยในบริเวณที่มีออกซิเจนต่ำและมี pH ค่อนข้างสูง ส่วนค่าความโปรงแสงของน้ำและอุณหภูมิน้ำมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก แสดงดัง Table 3 และ Fig. 5 เช่นเดียวกับการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยคุณภาพน้ำกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินตามรายงานของ (Tampo l.et al., 2021) พบว่า DO มี ความสัมพันธ์เชิงบวกกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเช่นเดียวกัน (r =0.60) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับตัวอ่อนแมลงปอ แสดงให้เห็นว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์กับความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินโดยสถานีที่ 1 มีค่า DO ที่สูงกว่าสถานี 2 ในทุกเดือนของการสำรวจทำให้พบสัตว์ไมมีกระดูกสันหลังหน้าดินที่มีความหลากหลายและความชุกชุมสูงกว่าในสถานีที่ 2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการหายใจและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เมื่อมีการเพิ่มขึ้นจึงทำให้สัตว์โดยเฉพาะตัวอ่อนแมลงปอ และปูลำห้วย ซึ่งมักจะพบในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำในระดับปานกลางเพิ่มจำนวนมากขึ้น ตรงข้ามกับสัตว์จำพวกปลิงน้ำจืด ที่มักอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนิ่ง ออกซิเจนละลายน้ำน้อย จึงอาจจะไม่ชอบแหล่งน้ำที่มีออกซิเจนที่สูง หรือแหล่งน้ำที่ไหล (Mustow, 2002)

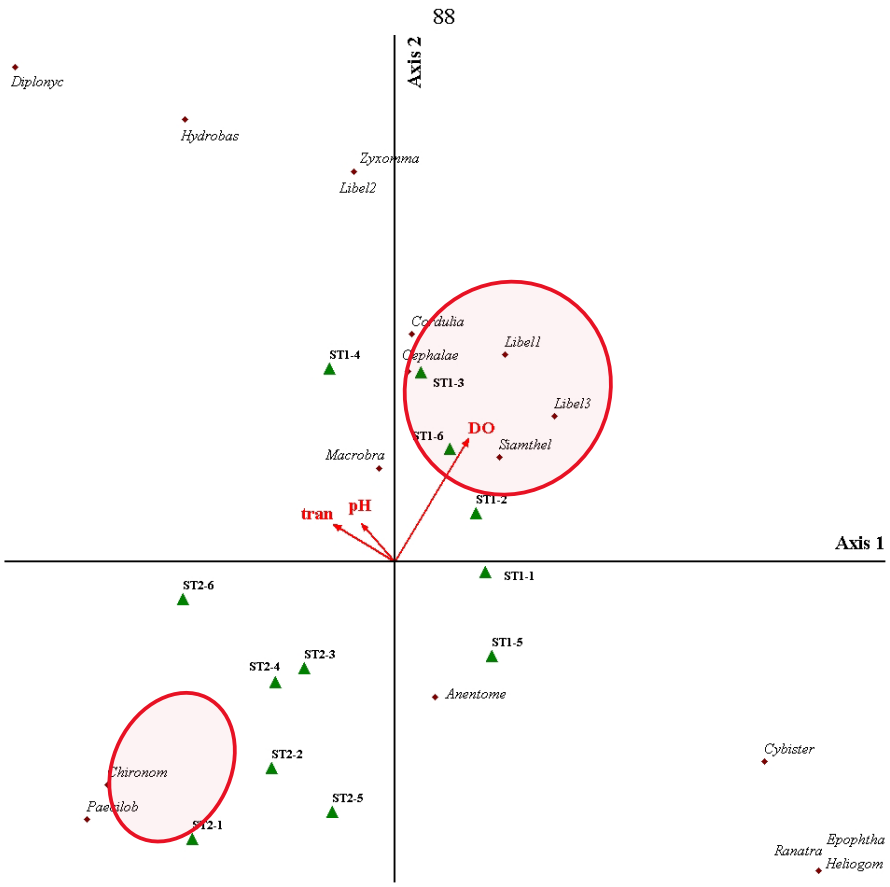


Fig. 5 Canonical correspondence analysis of the benthic macroinvertebrates and water quality parameters

สรุป

จากการศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง จำแนกได้เป็น 3 ไฟลัม 7 อันดับ 13 วงศ์ 17 ชนิด ความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในบริเวณที่มีการทำการประมง (สถานีที่ 1) มากกว่าบริเวณชุมชน (สถานีที่ 2) โดยพบในสถานีที่ 1 จำนวน 15 ชนิด และความชุกชุมเท่ากับ 1,544 ตัว/ตารางเมตร และในสถานีที่ 2 จำนวน 5 ชนิดและมีความชุกชุมเท่ากับ 612 ตัว/ตารางเมตร พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกลุ่มเด่นด้านความชุกชุมจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ หอยกินหอย *Anentome helena*, ตัวอ่อนแมลงปอ *Cordulia* sp., ปลิง *Paecilodella* sp., ปูลำห้วย *Siamthelphusa* sp. และกุ้งฝอย *Macrobranchium* sp. ค่าดัชนีความหลากหลายในสถานีที่ 1 สูงกว่าในสถานีที่ 2 คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินพบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีผลต่อการแพร่กระจายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน สรุปได้ว่าบริเวณที่อยู่ใกล้แหล่งชุมชนมีการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์มีความหลากหลายและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินน้อยกว่าบริเวณที่มีการทำการประมง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชุกชุมและการแพร่กระจายของสัตว์ในกลุ่มตัวอ่อนแมลงปอเป็นสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดราชบุรี ที่อำนวยความสะดวกตลอดการทำวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2565. ว่าด้วยเรื่องน้ำ คุณสมบัติของน้ำ. https://www4.fisheries.go.th, 30 พฤศจิกายน 2567

กองการศึกษา, องค์การบริการส่วนตำบลน้ำพุ. 2563. อ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง. http://www.namphu.go.th, 20 กันยายน 2567

นฤมล แสงประดับ. 2542. ฐานข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดในประเทศไทย. https://invertebrates.in.th, 20 กันยายน 2567

พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล. 2537. การศึกษาชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดินในการเตรียมบ่อเลี้ยงปลา ในพื้นที่อำเภอกำแพงแสนโดยการใส่มูลสุกรแห้งที่ระดับต่างกัน. วิทยาพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Baliton, R., Landicho, L., Cabahug, R.E., et al. 2020. Ecological services of agroforestry systems in selected upland farming communities in the Philippines. Biodiversitas 21: 707–717.

McCafferty, P.W. 1981. Aquatic Entomology. The Fisherman's and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives. Jones and Bartlett Publ., Boston, London.

Morse, J.C., Yang, L., Tian, L. 1995. Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality. Hohai Univ. Press, Nanjing.

Mustow, S.E. 2002. Biological monitoring of rivers in Thailand: use and adaptation of the BMWP score. Hydrobiologia 479: 191–229.

Singh, S., Sharma, R.C. 2020. Monitoring of benthic macroinvertebrates as bioindicator for assessing the health of the high altitude wetland Dodi Tal, Garhwal Himalaya, India. Biodivers. Int. J. 4: 164–173. doi: 10.15406/bij.2020.04.00180

Tampo, L., Kabore, I., Elliot, H.A., et al. 2021. Benthic macroinvertebrates as ecological indicators: their sensitivity to the water quality and human disturbances in a tropical river. Front. Water 3: 662765. doi: 10.3389/frwa.2021.662765

บทบาทของกระชังเลี้ยงปลาทะเลต่อความอุดมสมบูรณ์ทางน้ำทะเล: กรณีศึกษาการเลี้ยงปลาช่อนทะเล (*Rachycentron canadum*) จังหวัดภูเก็ต

The roles of marine cage culture on abundance of seawater: A case study of Cobia (*Rachycentron canadum*) culture, Phuket Province

อภิชญา ชัยเจริญ, ชาคริต เรืองสอน*, อมลวรรณ อ่วมงามทรัพย์, ศตพร รัตนปรีชาชาญ, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์

Apitchaya Chaijaroen, Chakhrit Ruengsorn*, Amolvan Aumngamsup, Sataporn Rattanapreechachan, Shettapong Meksumpun

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

การศึกษาสภาวะตามธรรมชาติของคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำอยู่ในระดับตั้งแต่ Oligotrophic stage เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* และหากพิจารณาความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (Dissolved Inorganic Nitrogen, DIN) และออร์โธฟอสเฟต–ฟอสฟอรัส พื้นที่ศึกษานี้สามารถยกระดับกลายเป็น Hyper-trophic stage จนเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้ ในที่นี้ อิทธิพลของกระชังเลี้ยงปลาทะเลที่แตกต่างกันทั้ง 2 แบบ ชี้ให้เห็นได้ชัดว่า กระชังแบบเหลี่ยมส่งผลให้ DIN เพิ่มขึ้นมากกว่าธรรมชาติได้ถึงร้อยละ 43.73 ซึ่งมากกว่าผลกระทบจากกระชังแบบกลมที่ส่งผลให้ DIN เพิ่มขึ้นมากกว่าธรรมชาติร้อยละ 37.31 และคิดเป็นร้อยละ 17.21 ของอิทธิพลจากกระชังเหลี่ยมที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำมากกว่ากระชังกลม ส่วนอิทธิพลของกระชังแบบเหลี่ยมและกลมส่งผลต่อออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสให้มีค่าลดลงร้อยละ 19.29 และ 12.28 ตามลำดับ คลอโรฟิลล์ *เอ* มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.59 และ 23.08 ตามลำดับ และออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลงร้อยละ 2.21 และเพิ่มขึ้น 5.44 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสภาวะตามธรรมชาติของพื้นที่ศึกษา

คำสำคัญ: กระชังเลี้ยงปลา, ปลาช่อนทะเล, อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ, ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

Abstract

The study of natural conditions of aquatic environmental quality at the oligotrophic stage when considering the concentration of Chlorophyll *a*. The concentration of dissolved inorganic nitrogen (DIN) and orthophosphate-phosphorus in this study area can be increased to the hyper-trophic stage, causing the phenomenon of red tide. The influence of two different shapes of marine cages clearly showed that square cages caused DIN to increase more than nature by 43.7%, which is higher than the impact of round cages that increased by 37.31% and 17.21% of the effects of square cages on water quality more than round cages. The influence of square and round cages on Orthophosphate-phosphorus decreased by 19.29% and 12.28% respectively, Chlorophyll *a* increased by 16.59% and 23.08%, respectively, and dissolved oxygen decreased by 2.21% and increased by 5.44%, respectively, compared to natural conditions in the study area.

Keyword: Cobia, Dissolved inorganic nitrogen, Fish cage, Orthophosphate-phosphorus

คำนำ

การเลี้ยงปลาทะเลชายฝั่งเป็นที่นิยมจากการสนับสนุนของภาครัฐและเอกชนเพื่อผลักดันการขยายตลาดทั้งในและต่างประเทศ ส่งผลให้ผลผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง พ.ศ. 2564–2566 เพิ่มขึ้น ในบางปีพบว่า ผลผลิตสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงชายฝั่งมีปริมาณลดลง อันเนื่องมาจากหลายปัจจัย เช่น การเกิดโรค การนำเข้าผลผลิตจากประเทศเพื่อนบ้าน และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม (กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, 2556) ซึ่งการเลี้ยงปลาทะเลชายฝั่งเองยังมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ในการถ่ายโอนและความสามารถในการรองรับของเสียจากกระชังเลี้ยงปลาทะเล ส่งผลต่อการสะสมของเสียดังกล่าวในมวลน้ำและสิ่งแวดล้อม (Zheng et al., 2025) โดยขนาดและรูปแบบของกระชังเลี้ยงปลาทะเลที่มีความแตกต่างกันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันได้

ดังนั้น การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณของธาตุอาหารจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงเป็นลำดับแรกในการตรวจสอบหามลพิษที่เกิดจากกระชังเลี้ยงปลาทะเล เนื่องจากธาตุอาหารนั้นเพิ่มมากขึ้นจากการให้อาหารและการขับถ่ายของเสียจากปลาทะเล ส่งผลให้ฟอสเฟตและไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของการผลิตขั้นต้นในมวลน้ำ ในขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของสารอินทรีย์จากกระชังเองก็ส่งผลให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง โดยความแรงและทิศทางของกระแสน้ำมีส่วนสำคัญในการพัดพาและลดปริมาณของเสียและธาตุอาหารส่วนเกินออกไปจากบริเวณกระชังเลี้ยงปลาทะเล อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวในประเทศไทยยังคงต้องการศึกษาเพิ่มเติม การศึกษาครั้งนี้จึงมีความน่าสนใจในการศึกษาบทบาทของรูปแบบกระชังเลี้ยงปลาทะเลที่แตกต่างกันต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารและความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* สำหรับนำไปใช้เพื่อการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมให้การเลี้ยงปลาทะเลในกระชังประสบความสำเร็จยิ่งขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการบริเวณกระชังเลี้ยงปลาช่อนทะเลของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งภูเก็ต (Phuket coastal aquaculture research and development center) บ้านแหลมทราย จังหวัดภูเก็ต การศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ ความเค็ม ค่าความเป็นกรด–เบส ออกซิเจนละลายน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำด้วยเครื่อง Multiparameter water quality monitor ของ YSI รุ่น Professional Plus และเก็บตัวอย่างน้ำด้วยกระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ (Kemmerer water sampler) เพื่อนำไปวิเคราะห์อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN) และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Nutrient Auto-analyzer รุ่น TRAACS 2000 Analytical Console นอกจากนี้ ตัวอย่างน้ำทะเลสดที่เก็บได้จะนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* ด้วยวิธี Spectrophotometric method ในห้องปฏิบัติการตามวิธีของ Parsons et al. (1984) ในบริเวณกระชังเลี้ยงปลาทั้งสิ้น 5 สถานี ประกอบด้วย รูปแบบเหลี่ยม (สถานี S1 และ S2) รูปแบบกลม (สถานี R1 และ R2) และสถานีควบคุมในแนวชายฝั่งในบริเวณการเลี้ยงซึ่งไม่มีการติดตั้งกระชัง (สถานี C) แสดงตาม Fig. 1 จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และพฤษภาคม 2565 ในที่นี้ ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจะทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลจะแสดงผลในรูปแบบตารางและรูปภาพเพื่อใช้ในการอภิปรายผลในเชิงสถิติพรรณนา (Descriptive statistics) ประกอบกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* โดยเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) โดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ 2 มิติ (Two-dimensional correlation)

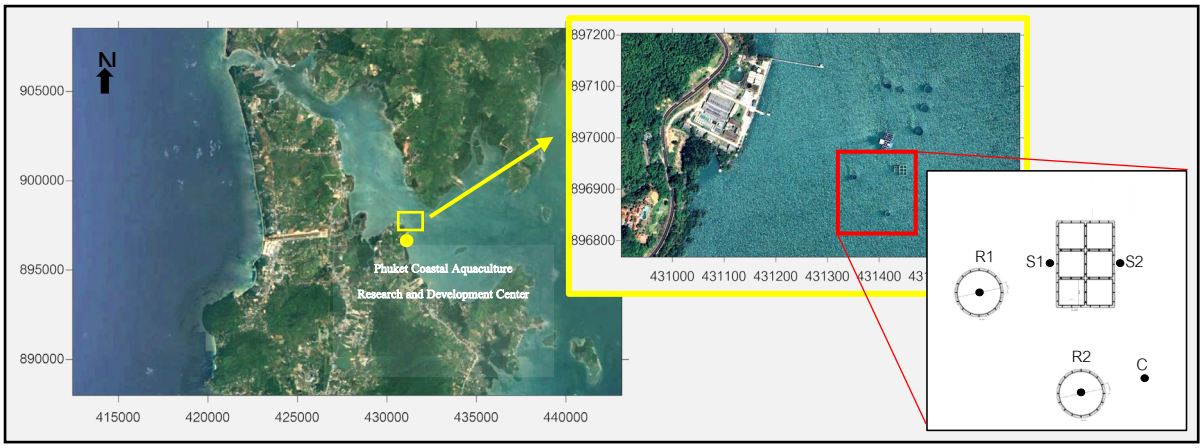


Fig. 1 Cage culture of cobia at Phuket coastal aquaculture research and development center and sampling stations

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. คุณภาพน้ำทั่วไป

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำทะเลบริเวณกระชังเลี้ยงปลา พบว่า อุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 28.70–31.10 °C โดยพบค่าต่ำสุดและสูงสุดบริเวณไม่มีการติดตั้งกระชังสถานี C ในเดือนกุมภาพันธ์และพฤษภาคม 2565 ตามลำดับ (Fig. 2A) สังเกตได้ว่า ความต่างระหว่างอุณหภูมิตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม 2565 มีช่วงกว้างมากกว่าบริเวณที่มีกระชังทั้ง 2 แบบ เนื่องจากไม่มีร่มเงาของกระชังบดบังแสงแดดให้มวลน้ำ ส่วนบริเวณกระชังสถานี R1, R2, S1 และ S2 มีความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดและสูงสุดภายในกระชังเท่ากับ 1.3, 1.3, 0.5 และ 0.4 °C ตามลำดับ ในที่นี้ อุณหภูมิของน้ำทะเลมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลาและความเข้มแสงที่ลดลงจากการบดบังของกระชังซึ่งอาจมีข้อดี คือลดความเครียดซึ่งจะทำให้ปลาสามารถเจริญเติบโตได้ดีอันเป็นผลกระทบจากกระชังเลี้ยงปลาทะเล (Neuheimer et al. 2011; พงษ์พันธ์ และรุ่งโรจน์, 2562)

ค่าความเค็มของน้ำทะเลบริเวณกระชังเลี้ยงปลา พบว่า ความเค็มของน้ำทะเลอยู่ในช่วง 31.01–34.58 psu โดยค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม 2565 บริเวณกระชัง R2 และมีนาคม 2565

บริเวณกระชัง R1 ตามลำดับ (Fig. 2B) พบว่า ความเค็มของน้ำทะเลจะมีค่าต่ำสุดและสูงสุดในช่วงต้นฤดูมรสุมและใกล้ปลายฤดูแล้งสอดคล้องกับ ปริมาณน้ำท่าที่มีค่าเท่ากับ 58.16 และ 4.21 ล้านลูกบาศก์เมตร ในเดือนพฤษภาคมและมีนาคม 2565 ตามลำดับ (ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคใต้, มปป) นอกจากนี้ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเค็มยังสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทะเลที่มีค่าอยู่ระหว่าง 7.85–8.16 โดยพบค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนกุมภาพันธ์ 2565 บริเวณไม่มีการติดตั้งกระชังสถานี C และค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม 2565 บริเวณกระชังสถานี R2 และบริเวณไม่มีการติดตั้งกระชังสถานี C (Fig. 2C) สำหรับออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 3.66–8.09 mg/L โดยมีค่าต่ำสุดและสูงสุดในเดือนมีนาคม 2565 บริเวณกระชังสถานี R2 และเดือนมีนาคม 2565 บริเวณกระชังสถานี R1 ตามลำดับ (Fig. 2D)

จากการเทียบค่ามาตรฐานน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2564) พบว่า อุณหภูมิน้ำ ความเค็ม และค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทะเลมีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คืออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกิน 1 °C จากธรรมชาติ ความเค็มมีค่าไม่เกินร้อยละ 10 ของความเค็มต่ำสุด ความเป็นกรด–เบสมีค่าระหว่าง

7.0–8.5 ขณะที่ออกซิเจนละลายน้ำในกระชังสถานี R2 เดือนมีนาคม 2565 มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่ไม่ควรน้อยกว่า 4 mg/L

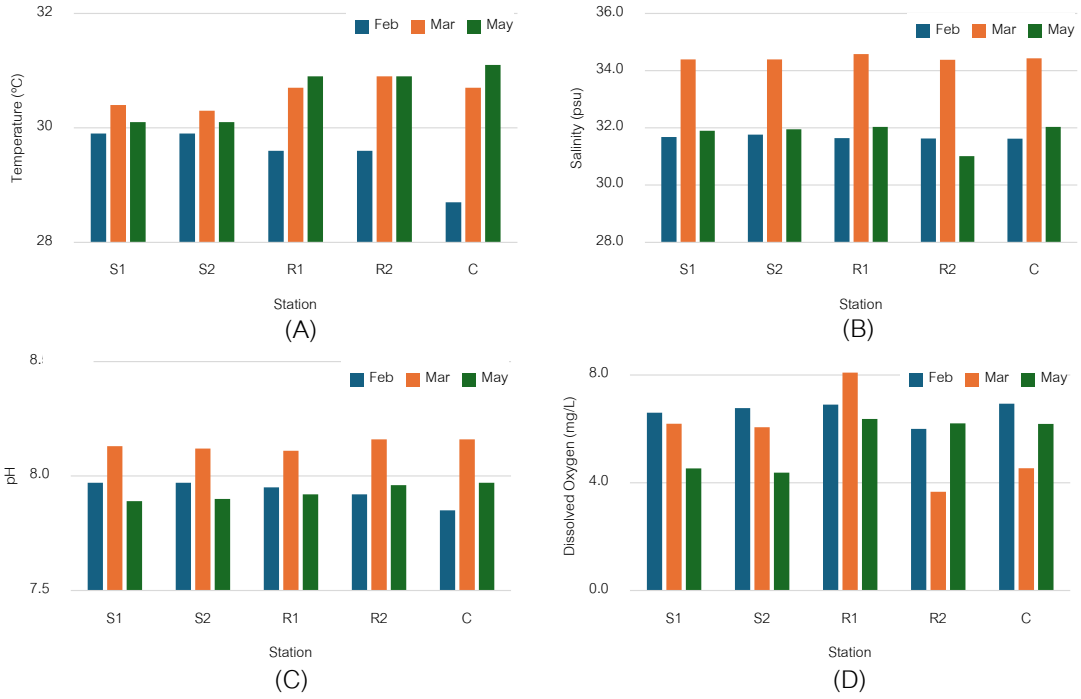


Fig. 2 Water qualities: water temperature (A), salinity (B), pH (C) and dissolved oxygen (D)

2. ธาตุอาหารและคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเล

ผลการวิเคราะห์ DIN บริเวณกระชังเลี้ยงปลา พบว่า ความเข้มข้นของ DIN มีค่าอยู่ระหว่าง 1.72–7.41 µM โดยพบค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ในเดือนกุมภาพันธ์ 2565 บริเวณไม่มีการติดตั้งกระชังสถานี C และมีนาคม 2565 บริเวณกระชังสถานี S2 (Fig. 3A) ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.18–0.92 µM โดยพบค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม 2565 บริเวณกระชังสถานี R2 และกุมภาพันธ์ 2565 บริเวณกระชังสถานี R1 (Fig. 3B) ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22–6.76 µg/L โดยพบค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม 2565 บริเวณไม่มีการติดตั้งกระชังสถานี C และมีนาคม 2565 บริเวณกระชังสถานี R1 (Fig. 3C) โดยความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับความเป็นกรด–เบสสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัญญาณัฐ และคณะ (2560) ที่พบว่าคลอโรฟิลล์ *เอ* มีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด–เบส เนื่องจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืชมีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำลดลง จึงทำให้น้ำในบริเวณที่ศึกษามีค่าความเป็นกรด–เบสเพิ่มขึ้น

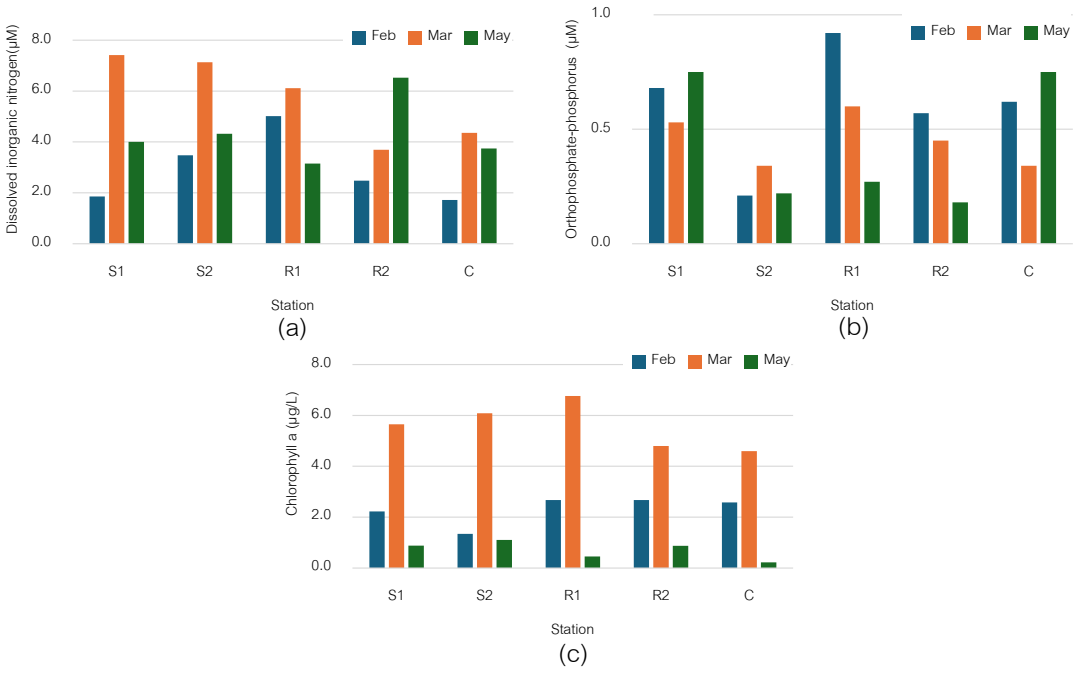


Fig. 3 Concentrations of DIN (A), Orthophosphate-phosphorus (B) and Chlorophyll *a* (C)

3. อิทธิพลของกระชังเลี้ยงปลาทะเลต่อคุณภาพน้ำ

การเลี้ยงปลาในกระชัง 70–80% จะมีการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารสู่สิ่งแวดล้อมจากอาหารปลาและของเสียจากการเลี้ยง (Xu et al., 2024) จากผลการศึกษาในภาพรวม พบว่า ความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำบริเวณกระชังเลี้ยงปลามีค่าสูงกว่าในบริเวณที่ไม่มีการติดตั้งกระชัง ดังนั้น ในบริเวณที่มีการติดตั้งกระชังจึงมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* สูงกว่าบริเวณไม่มีการติดตั้งกระชังซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Huang et al. (2012) และภัทราวุธ และจารุมาศ (2564) ที่กล่าวว่า ธาตุอาหารที่มากขึ้นโดยเฉพาะฟอสฟอรัสและไนโตรเจนส่งผลให้ผลผลิตขั้นต้นในมวลน้ำเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำลดลง นอกจากนี้ ยังพบว่า บริเวณที่ศึกษามีสัดส่วน N:P อยู่ระหว่าง 5.74±6.59 ถึง 10.33±9.31 ซึ่งต่ำกว่า Redfield ratio ที่มีค่าเท่ากับ 16 ซึ่งเป็นสัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชทะเลทั่วไป (Redfield et al., 1963; เชษฐพงษ์, 2558) จากการที่ออร์โธฟอสเฟต–ฟอสฟอรัสมีความเข้มข้นสูงจึงทำให้สัดส่วน N:P มีค่าต่ำกว่าสัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชทะเลทั่วไป อย่างไรก็ดี ความเข้มข้นของ DIN และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำมิได้เป็น Limiting Factor หรือปัจจัยจำกัดในการเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เนื่องด้วยความเข้มข้นของธาตุอาหารดังกล่าวมีมากเกินพอจนทำให้ระบบนิเวศทางน้ำที่นี้อยู่ในสภาวะ Hyper–trophic stage ได้ (Table 1)

Table 1 Stage of abundance, condition of fish cage and average of concentration (±SD); dissolved inorganic nitrogen (DIN), orthophosphate-phosphorus (PO_4^{3-}-P), chlorophyll *a* (Chl *a*) and dissolved oxygen (DO)

Stage of Abundance/ Conditions of fish cage	DIN (μM)	PO_4^{3-}-P (μM)	N:P -	Chl *a* (μg/L)	$O_{2(DR)}$* (mg/L/day)	DO (mg/L)
Ultra-oligotrophic	-	-	-	>2.5	-	-
Oligotrophic	0.57	0.02	-	2.5-8.0	<0.25	-
Mesotrophic	1.17	0.09	-	8.0-25.0	0.25-0.40	-
Eutrophic	1.68	0.34	-	25.0-75.0	0.40-0.55	-
Hyper-trophic	-	-	-	>75.0	>0.55	-
Square cage (S)**	4.70±2.17	0.46±0.23	10.33±9.31	2.88±2.36	-	5.75±1.04
Round cage (R)**	4.49±1.64	0.50±0.26	9.02±6.22	3.04±2.39	-	6.20±1.45
Control (C)**	3.27±1.38	0.57±0.21	5.74±6.59	2.47±2.19	-	5.88±1.22

* $O_{2(DR)}$; Oxygen depletion rate

**This study

Source: Adapted from Ignatiades et al. (1992), Dodds (2002) and Karydis (2005)

จาก Table 1 แสดงให้เห็นถึงสภาวะตามธรรมชาติของพื้นที่ศึกษาได้จากบริเวณไม่มีการติดตั้งกระชังในสถานี C (Control) ว่ามีคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำอยู่ในระดับตั้งแต่ Oligotrophic stage เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* และหากพิจารณาความเข้มข้นของ DIN และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส พื้นที่ศึกษานี้ก็สามารถยกระดับกลายเป็น Hyper-trophic stage จนเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide) ได้ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยสนับสนุนอื่น ๆ เช่น ความเข้มแสง การไหลเวียนถ่ายเทของน้ำทะเล ฯ เป็นต้น แม้กระนั้น อิทธิพลของกระชังทั้ง 2 แบบ ชี้ให้เห็นได้ชัดว่ากระชังแบบเหลี่ยมส่งผลให้ DIN เพิ่มขึ้นมากกว่าธรรมชาติได้ถึงร้อยละ 43.73 ซึ่งมากกว่าผลกระทบจากกระชังแบบกลมที่ส่งผลให้ DIN เพิ่มขึ้นมากกว่าธรรมชาติร้อยละ 37.31 คิดเป็นร้อยละ 17.21 ของอิทธิพลจากกระชังเหลี่ยมที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำมากกว่ากระชังกลม ส่วนอิทธิพลของกระชังแบบเหลี่ยมและกลมส่งผลต่อออร์โธฟอสเฟต–ฟอสฟอรัสให้มีค่าลดลงร้อยละ 19.29 และ 12.28 ตามลำดับ คลอโรฟิลล์ *เอ* มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.59 และ 23.08 ตามลำดับ และออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลงร้อยละ 2.21 และเพิ่มขึ้น 5.44 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสภาวะตามธรรมชาติของพื้นที่ศึกษา

สรุป

กระชังเลี้ยงปลาทะเลแบบเหลี่ยมมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทะเลมากกว่ากระชังแบบกลม โดยการเพิ่มธาตุอาหารในกลุ่มไนโตรเจนให้กับมวลน้ำมากที่สุด ส่วนผลกระทบต่อคุณภาพน้ำอื่น ๆ นั้น กระชังแบบเหลี่ยมสามารถลดความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต–ฟอสฟอรัสแต่กลับลดความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำโดยเพิ่มความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* ขณะเดียวกัน กระชังแบบกลมสามารถลดความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต–ฟอสฟอรัสและเพิ่มความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำพร้อมความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ*

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโครงการวิจัยการเพาะเลี้ยงปลาช่อนทะเล เพื่อพัฒนาไปสู่การดำเนินธุรกิจเชิงพาณิชย์ สำหรับโครงการปลาช่อนทะเลต้นแบบ (Sugi Model) ที่เปิดโอกาสให้คณะผู้วิจัยได้เข้าร่วมเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูล ขอบพระคุณครอบครัวที่สนับสนุนด้านการศึกษา ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาสำหรับคำแนะนำและแนวคิดในการทำงานวิจัย สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตภายในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกคนที่เป็นกำลังใจเสมอและความช่วยเหลือในการออกภาคสนามและวิเคราะห์ตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง. 2566. ประมาณการผลผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการประมงของประเทศไทย พ.ศ. 2564–2566. หน้า 7–14.

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, ลลิตา ข่วงบุญ, ศิริลักษณ์ วลัญช์เพียร. 2560. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* และคุณภาพน้ำในแม่น้ำอิงตอนล่างและลำน้ำสาขา. แก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ 1: 810–815.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2564. ราชกิจจานุเบกษา “ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล”. หน้า 137–140.

เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. 2558. สรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนพืชทะเล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะประมง. กรุงเทพฯ.

พงษ์พันธ์ ราชภักดี, รุ่งโรจน์ จีนด้วง. 2562. เครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สาหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง. รายงานการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, สงขลา, หน้า 10–11.

ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2564. อิทธิพลของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะยูโทรฟิเคชั่นในบริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 14: 770–782.

ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคใต้. มปป. ตารางข้อมูลน้ำท่ารายเดือน–ปี ลุ่มน้ำภาคใต้. https://hydro-8.com/, 26 ธันวาคม 2567.

Dodds, W.K. 2002. Freshwater ecology: Concepts and environmental applications. Academic press, UK.

Huang, Y.A., Huang, S., Meng, P., Hsieh, H.J., Chen, C.A. 2012. Influence of strong monsoon winds on The water quality around a marine cage-culture zone in a shallow and semi-enclosed bay in Taiwan. Mar. Pollut. Bull. 64: 851–860.

Ignatiades, L., Karydis, M., Vounatsou, P. 1992. A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication base on nutrient concentrations. Mar. Ecol. 16: 13–26.

Karydis, M. 2005. Understanding marine eutrophication from agriculture runoff in semi-enclosed area: A presentation of quantitative methodology. Global. Nest. J. 7: 228–235.

Neuheimer, A.B., Thresher, R.E., Lyle, J.M., Semmens, J. M. 2011. Tolerance limit for fish growth exceeded by warming waters. Nat. Clim. Change. 1: 110–113. DOI: 10.1038/NCLIMATE1084

Parsons, T.R., Maita, Y., Lalli, C.M. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, UK.

Redfield, A.C., Ketchum, B.A., Richards F.A. 1963. The influence of organisms on the composition of sea water, In M.N. Hill, ed. The sea 2: 26–77.

Xu, S., Shi, S., Li, L., Tian, X., Gao, Q., Dong, S. 2024. Effects of deep–sea cage culture on water quality and stable carbon and nitrogen isotopes of suspended particulate organic matter in the Yellow Sea Cold Water Mass. Mar. Pollut. Bull. 209: 117099.

Zheng, J., Zhan, Q., Wan, F., et al. 2025. Comparison of water quality, planktonic community, and volatile organic compounds in the seawater from five cage culture areas of large yellow croaker. Aquaculture. 595: 741686.

ผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อความสมบูรณ์ของคลอโรฟิลล์ *เอ* บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี

Anthropogenic impacts on abundance of Chlorophyll *a* in the coast of Chonburi Province

อมลวรรณ อ่วมงามทรัพย์, ชาคริต เรืองสอน*, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, ศตพร รัตนปรีชาชาญ, อภิชญา ชัยเจริญ

Amolvan Aumngamsup, Chakhrit Reungsorn*, Shettapong Meksumpun, Sataporn Rattanapreechachan, Apitchaya Chaijaroen

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

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

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อความสมบูรณ์ของคลอโรฟิลล์ *เอ* บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ได้ดำเนินการศึกษาชุดข้อมูลทุติยภูมิ พ.ศ. 2560–2561 และชุดข้อมูลปฐมภูมิ พ.ศ. 2562–2564 สำหรับประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับความสมบูรณ์ของคลอโรฟิลล์ *เอ* ในระบบนิเวศชายฝั่งจังหวัดชลบุรีที่มีการใช้ประโยชน์และได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์โดยตรงผลการศึกษาชี้ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วง พ.ศ. 2560–2561 และ พ.ศ. 2562–2564 พบว่า ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำเหนือดินตะกอนเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นจาก 0.02–2.53 µM เป็น 0.03-0.60 ตามลำดับ และความสมบูรณ์ของคลอโรฟิลล์ *เอ* ทั้งบริเวณระดับผิวหน้าน้ำและพื้นท้องน้ำเปลี่ยนแปลงจาก Ultra-oligotrophic ถึง Mesotrophic level ใน พ.ศ. 2560–2561 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.27–54.20 µg/L เป็น Ultra-oligotrophic ถึง Hypertrophic level ใน พ.ศ. 2562–2564 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05–91.89 µg/L

คำสำคัญ: คลอโรฟิลล์ *เอ*, ชลบุรี, ผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์, พื้นที่ชายฝั่ง

Abstract

The study of anthropogenic impacts on abundance of chlorophyll *a* in the coast of Chonburi province was conducted using the secondary dataset from 2017–2018 and the primary dataset from 2019–2021. These dataset were assessed the changes in the abundance of chlorophyll *a* in coastal ecosystems of Chonburi province that were directly utilized and affected by human activities. The results of the study indicated changes during 2017–2018 and 2019–2021, showed orthophosphate-phosphorus in water above the sediment changed in concentration from 0.02–2.53 µM to 0.03–0.60 µM, respectively, and the abundance of chlorophyll *a* at both the surface and bottom levels changed from ultra-oligotrophic to mesotrophic level in 2017–2018 ranged from 0.27–54.20 µg/L to ultra-oligotrophic to hypertrophic level in 2019–2021 ranged from 0.05–91.89 µg/L.

Keywords: Anthropogenic impact, Chlorophyll *a,* Chonburi province, Coastal area

คำนำ

ชายฝั่งจังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่ที่อยู่ภายในอ่าวไทยตอนในรูปตัว ก ฝั่งตะวันออก ซึ่งเป็นชายฝั่งที่มีการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายด้าน อาทิ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง การทำประมงชายฝั่ง กิจกรรมการท่องเที่ยว การคมนาคมขนส่งและนิคมอุตสาหกรรม เป็นต้น โดยกิจกรรมต่าง ๆ ล้วนส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งโดยตรง ผลกระทบจากกิจกรรมชายฝั่งของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีที่พบบ่อยครั้ง ได้แก่ การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide) ซึ่งมีสาเหตุมาจากธาตุอาหารในมวลน้ำที่มีความเข้มข้นมากเกินกว่าศักยภาพที่ธรรมชาติจะสามารถรับได้หรือสามารถบำบัดได้ตามธรรมชาติ เป็นปรากฏการณ์ที่น้ำทะเลหรือน้ำกร่อยเกิดการเปลี่ยนสีอย่างรวดเร็วซึ่งจะเกิดขึ้นเพียงระยะเวลาสั้น ๆ อาจเกิดต่อเนื่องเป็นเวลา 3–4 วัน อาจจะยาวนานเป็นสัปดาห์หรือแม้กระทั่งทั้งเดือน แต่จะไม่ยาวนานจนถึงฤดูกาล เป็นการเติบโตและเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชทะเล เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตได้ละลายอยู่ในมวลน้ำเป็นปริมาณมาก ควบคู่ไปกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช (เชษฐพงษ์, 2558) และผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์นี้ส่งผลให้เกิดสภาวะการขาดออกซิเจนในมวลน้ำแบบเฉียบพลัน สร้างความเสียหายต่อทรัพยากรสัตว์น้ำตามธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเป็นบริเวณกว้าง รวมถึงยังเป็นการทำลายทัศนียภาพการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นปัจจัยด้านเศรษฐกิจที่สำคัญทางการท่องเที่ยวทางทะเล (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2565)

ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ได้แก่ *Noctiluca scintillan, Ceratium furca, Pseudonitzschia* spp., *Trichodesmium erythraeum* และ *Chaetoceros* spp. แต่ส่วนมากมักมีสาเหตุมาจาก *Noctiluca scintillan* และ *Chaetoceros* spp. (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2565) ซึ่งปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีนี้สอดคล้องกับระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำที่ตรวจวัดได้จากความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* โดยสามารถเพิ่มความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* ในน้ำได้ถึง 400–600 µg/L หรือมากกว่านั้น (Meksumpun et al., 1995; เชษฐพงษ์, 2558) ซึ่งมักมีค่าสูงกว่าสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำในระดับ Eutrophic level (25–75 µg/L) จนกระทั่งเข้าสู่ระดับ Hyper–trophic level (≥75 µg/L) (OECD, 1982)

การศึกษาผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อคุณภาพน้ำ บริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี ครั้งนี้ จึงเป็นการพิจารณาชุดข้อมูลคุณภาพน้ำและความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* บริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลจากกิจกรรมชายฝั่งของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่จะชี้ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงระดับความสมบูรณ์ของคลอโรฟิลล์ *เอ* ระหว่างช่วง พ.ศ. 2560–2561 และ พ.ศ. 2562–2564 อันจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลการศึกษาจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินสถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ในเชิงผู้ผลิตขั้นต้นที่มีความสำคัญต่อการกำหนดแนวทางสำหรับการอนุรักษ์ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลในฐานะแหล่งผลิตอาหารทะเลทางธรรมชาติของประเทศไทยได้ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิและปฐมภูมิจำนวน 10 สถานี ในบริเวณอ่าวไทยตอนในรูปตัว ก ฝั่งตะวันออก แนวชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกงถึงอำเภอสัตหีบ โดยนำข้อมูลทุติยภูมิภายใต้โครงการวิเคราะห์สถานภาพสิ่งแวดล้อมและความอุดมสมบูรณ์ของพื้นท้องน้ำในระบบนิเวศจำเพาะต่าง ๆ ของพื้นที่เขตอ่าวไทยตอนใน; โครงการแผนวิจัยการพัฒนานโยบายการจัดการประมงอย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานระบบนิเวศ–สังคม ภายใต้ธรรมาภิบาลที่ดีเพื่อความยั่งยืนทางการประมงในพื้นที่อ่าวไทยตอนใน จำนวน 5 ครั้ง ได้แก่ เดือนเมษายน กรกฎาคม และธันวาคม พ.ศ. 2560 และเดือนเมษายนและกรกฎาคม พ.ศ. 2561 (Fig.1A) มาพิจารณาร่วมกับศึกษาเพิ่มเติมในภาคสนามสำหรับข้อมูลปฐมภูมิจำนวน 8 ครั้ง ได้แก่ เดือนกันยายนและธันวาคม พ.ศ. 2562 เดือนพฤษภาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 และเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และสิงหาคม พ.ศ. 2564 (Fig.1B) ซึ่งการศึกษาทั้ง 2 ระยะ มีการดำเนินการเก็บตัวอย่างและตรวจวัดคุณภาพน้ำ 2 ระดับ คือ ระดับผิวหน้าน้ำ (Surface layer) ความลึก ~50 เซนติเมตร จากผิวหน้าน้ำ และระดับเหนือพื้นท้องน้ำ (Bottom layer) ~50 เซนติเมตร จากระดับผิวดินตะกอน

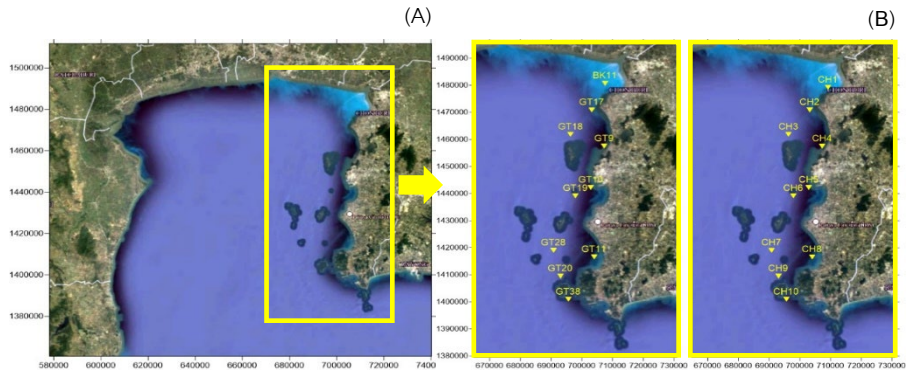


Fig. 1 Study maps; secondary data study in 2017-2018 (A); primary data study during 2019-2021 (B).

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* ทำโดยนำตัวอย่างน้ำที่เก็บในถุงเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 5 ลิตร นำมากรองผ่านกระดาษกรอง GF/F (Whatman) หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าคลอโรฟิลล์ *เอ* ด้วยวิธี Spectrophotometric method ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการของ Parsons et al. (1984) แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับ OECD (1982) ที่ได้มีการจัดระดับตามความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* เพื่อบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำไว้ 5 ระดับ ได้แก่ Ultra–oligotrophic level ($\leq$ 2.5 µg/L) Oligotrophic level (2.5–8 µg/L) Mesotrophic level (8 – 2 5 µg/L) Eutrophic level (25–75 µg/L) และ Hyper–trophic level ($\geq$75 µg/L) ส่วนคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดความเค็มด้วยเครื่อง Water quality sonde ของ YSI ค่าความโปร่งแสง สามารถตรวจวัดได้โดยใช้ Secchi disc ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 cm พื้นสีขาว และทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารในน้ำ ได้แก่ ซิลิเกต–ซิลิคอน ($Si(OH)_4$–Si) และออร์โธฟอสเฟต–ฟอสฟอรัส (PO_4^{3-}-P) ด้วยการกรองตัวอย่างน้ำทะเลผ่านกระดาษกรอง GF/F (Whatman) และเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารอัตโนมัติของ Bran+Luebbe รุ่น TRAACS 2000 Continuous-Flow Analyzer เพื่อหาความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีในตัวอย่างน้ำทะเล ทั้งนี้ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจะทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลจะแสดงผลในรูปแบบตารางและรูปภาพเพื่อใช้ในการอภิปรายผลในเชิงสถิติพรรณนา (Descriptive statistics) ประกอบกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ*โดยเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) โดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ 2 มิติ (Two-dimensional correlation)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาสถานภาพความอุดมสมบูรณ์โดยใช้คลอโรฟิลล์ *เอ* เป็นดัชนีชี้วัดบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี คณะผู้วิจัย พบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* พ.ศ. 2560–2561 บริเวณระดับผิวหน้าน้ำและพื้นท้องน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.27–47.79 µg/L และ 0.40–54.20 µg/L ตามลำดับ มีความอุดมสมบูรณ์ตั้งแต่ระดับ Ultra–oligotrophic ถึง Mesotrophic level (Fig. 2A) ส่วนความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* พ.ศ. 2562–2564 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05–91.89 µg/L และ 0.80–76.52 µg/L ตามลำดับ มีความอุดมสมบูรณ์ตั้งแต่ระดับ Ultra-oligotrophic ถึง Hyper-trophic level (Fig. 2B)

เห็นได้ชัดว่า ทั้งช่วง พ.ศ. 2560–2561 และ 2562–2564 ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* ระดับผิวหน้าน้ำมักมีแนวโน้มสูงกว่าพื้นท้องน้ำเนื่องด้วยความลึกของพื้นท้องน้ำและความโปร่งแสงในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกัน จากชุดข้อมูล พ.ศ. 2562–2564 หากพิจารณาความลึกพื้นท้องน้ำร่วมกับค่าความโปร่งแสงสำหรับบริเวณที่มีแสงเพียงพอต่อกระบวนการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (Euphotic zone) ตาม Borowiak and Borowiak (2016) ซึ่งมีสัดส่วน Euphotic zone depth : Secchi disc depth เท่ากับ 1.84 : 1 (Fig. 3A) พบว่า ชั้น Euphotic zone ในฤดูน้ำหลากจะมีความลึกที่สุดเพียง 16.56 m ซึ่งตื้นกว่าในฤดูแล้งที่มีความลึกถึง 23.92 m ทั้งนี้ ความลึกพื้นท้องน้ำในพื้นที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 4.1–23.9 m (Fig. 3B) ซึ่งหมายความว่า ดินตะกอนพื้นท้องน้ำในทุกสถานีมีโอกาสได้รับความเข้มแสงที่เพียงพอต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและมีโอกาสทั้งฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก แต่เนื่องด้วยความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำเหนือพื้นดินตะกอนในฤดูน้ำหลากมีค่าสูงกว่าฤดูแล้งจึงทำให้ผลผลิตขั้นต้นมีค่าสูงตามและส่งผลให้สารอินทรีย์รวมของการตกตะกอนเพิ่มขึ้นในฤดูน้ำหลาก จากการศึกษาของ ศตพร (2566) พื้นที่ศึกษามักพบ Biofilm ขึ้นเคลือบชั้นผิวดินตะกอน

ตั้งแต่ช่วงปลายฤดูน้ำหลากถึงกลางฤดูแล้งโดยเฉพาะสถานีที่ลักษณะดินตะกอนเป็นเลนและมีองค์ประกอบของดินตะกอนที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 63 µm อยู่ในปริมาณมากกว่าสถานีที่ลักษณะดินตะกอนเป็นทรายปนเลน อาทิ สถานี CH4 (ศรีราชา) ที่มีกิจกรรมการเลี้ยงหอยแมลงภู่ส่งผลทำให้ธาตุอาหารในน้ำสูงขึ้น เนื่องจากของเสียที่หอยขับถ่ายออกมา ประกอบกับของเสียจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงมีส่วนของสารอินทรีย์ จึงมีโอกาสในการปลดปล่อยธาตุอาหารสู่มวลน้ำ (ไตรเทพและคณะ, 2561) และ CH8 (นาจอมเทียน) ที่ได้รับอิทธิพลของเสียจากบริเวณชายฝั่งที่มีการท่องเที่ยวรวมถึงลักษณะที่เป็นอ่าวส่งผลต่อการตกตะกอนของดินตะกอนที่มีขนาดอนุภาคเล็กจึงเกิดได้มาก เป็นต้น โดยตั้งแต่ช่วงกลางฤดูแล้งถึงปลายฤดูแล้งมักพบว่า Biofilm เหล่านี้จะตายและเปลี่ยนเป็นสีเทา-ดำ พร้อมหลุดร่อนจากผิวดินตะกอน ทั้งความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* ความขุ่นใส ความลึกพื้นท้องน้ำและ Biofilm บนชั้นผิวดินตะกอนข้างต้นสามารถชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของแสงที่ส่งผลถึงผลผลิตในมวลน้ำเหนือพื้นดินตะกอนและชั้นผิวดินตะกอน และดังที่กล่าวนี้ ต่างสนับสนุนให้เห็นว่า การตกตะกอนเกิดขึ้นในฤดูน้ำหลากได้น้อยกว่าฤดูแล้งเนื่องจากอิทธิพลของคลื่นและลม สอดคล้องกับการศึกษาของ จิตราภรณ์ และคณะ (2560) กรณีนี้การตกตะกอนและสารอินทรีย์รวมของการตกตะกอนยังอาจส่งผลต่อความสมดุลของระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ซึ่งมีผลต่อประชากรพืชและสิ่งมีชีวิตพื้นท้องน้ำในลำดับถัดไป (ศตพร, 2566)

ในสถานีที่มีค่าความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ *เอ* ที่สูง โดยเฉพาะสถานีใกล้ปากแม่น้ำบางปะกง ซึ่งตามปกติแล้วจะได้รับอิทธิพลของธาตุอาหารจากแผ่นดินในเชิงของปริมาณน้ำท่า เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอน (Fig. 4A) พบว่า หากความเค็มต่ำจะส่งผลให้ความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอนสูงขึ้น และในขณะที่ความเค็มลดลงจนทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงขึ้นนี้ จะส่งผลให้ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ *เอ* สูงตาม (Fig. 4B และ Fig. 4C) ซึ่งบ่งชี้อิทธิพลจากแผ่นดินต่อระดับความอุดมสมบูรณ์บริเวณชายฝั่งได้ชัดเจน ประกอบกับการศึกษาของ ศตพร (2566) พบว่า ความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนในระดับความลึก 0–1 cm มีค่าสูงบริเวณสถานีที่ใกล้กับปากแม่น้ำบางปะกงในช่วงฤดูน้ำหลาก และธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนจะมีความเข้มข้นสูงกว่าในมวลน้ำถึง 100 เท่า จึงมีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารออกสู่มวลน้ำได้มากอาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide) โดยเฉพาะธาตุอาหารอย่างซิลิเกต-ซิลิคอนที่ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างเปลือกของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมที่เป็นชนิดหลักในการเกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งชลบุรี (จารุมาศ, 2548; เชษฐพงษ์, 2558; ศตพร, 2566)

นอกจากนี้ จากการศึกษาในอดีต ธรรมนูญ (2561) พบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* บริเวณชายหาดบางแสน พ.ศ. 2553–2554 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.21–69.54 µg/L ซึ่งต่ำกว่าสถานี CH2 ในการศึกษาครั้งนี้ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.63–74.64 µg/L จริยา และคณะ (2558) พบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและบริเวณชายฝั่งตะวันออก พ.ศ. 2554–2558 มีค่าอยู่ระหว่าง 6.09–21.84 และ 9.32–19.89 µg/L ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าสถานี CH1 และ CH3 ในการศึกษาครั้งนี้ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 4.68–91.89 และ 0.63–28.80 µg/L ตามลำดับ จึงเห็นได้ชัดว่า ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 ถึง 2564 ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ *เอ* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

อย่างไรก็ดี ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* ทั้งบริเวณระดับผิวหน้าน้ำและพื้นท้องน้ำใน พ.ศ. 2560–2561 ที่แสดงค่าสูงกว่า พ.ศ. 2562–2564 จนกระทั่งเปลี่ยนแปลงสถานภาพความสมบูรณ์ของชายฝั่งจังหวัดชลบุรีจากระดับ Ultra–oligotrophic ถึง Mesotrophic level จนกลายเป็นระดับ Ultra–oligotrophic ถึง Hyper–trophic level ได้ในครั้งนี้อาจบ่งชี้ถึงภัยคุกคามจากกิจกรรมของมนุษย์แม้ว่าจะเกิดภาวะ "Covid–19 lockdown" ในช่วง พ.ศ. 2563–2564 ทว่า อาจเป็นเหตุให้กิจกรรมครัวเรือนมีสัดส่วนมากกว่ากิจกรรมด้านการท่องเที่ยว ซึ่งเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2560 ถึงสิงหาคม พ.ศ. 2564 ยกเว้นสถานี BK11/CH1 ซึ่งเป็นบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง (Fig. 5) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10–2.53 µM เห็นได้ว่า ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำโดยเฉพาะในน้ำระดับพื้นท้องน้ำในช่วง พ.ศ. 2563–2564 ที่มีการ “Lockdown” และ “Work from home” เข้มงวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกระทั่งอยู่ในช่วง 0.09–0.34 µM ซึ่งอยู่ในระดับ Eutrophic level (จารุมาศ, 2558) ทั้งนี้ แม้ว่าผลทางอ้อมของการเกิดสภาวะโรค COVID–19 จะช่วยลดกิจกรรมการท่องเที่ยวและลดปริมาณของเสียที่อยู่ในรูปของธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนได้ดี (ศตพร และคณะ, 2566; ศตพร, 2566) แต่ในทางตรงข้าม การบำบัดตัวเองของดินตะกอนก็อาจเป็นสาเหตุให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของแพลงก์ตอนพืชจากดินตะกอนออกสู่มวลน้ำควบคู่กับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมครัวเรือนดังที่กล่าวมาข้างต้น

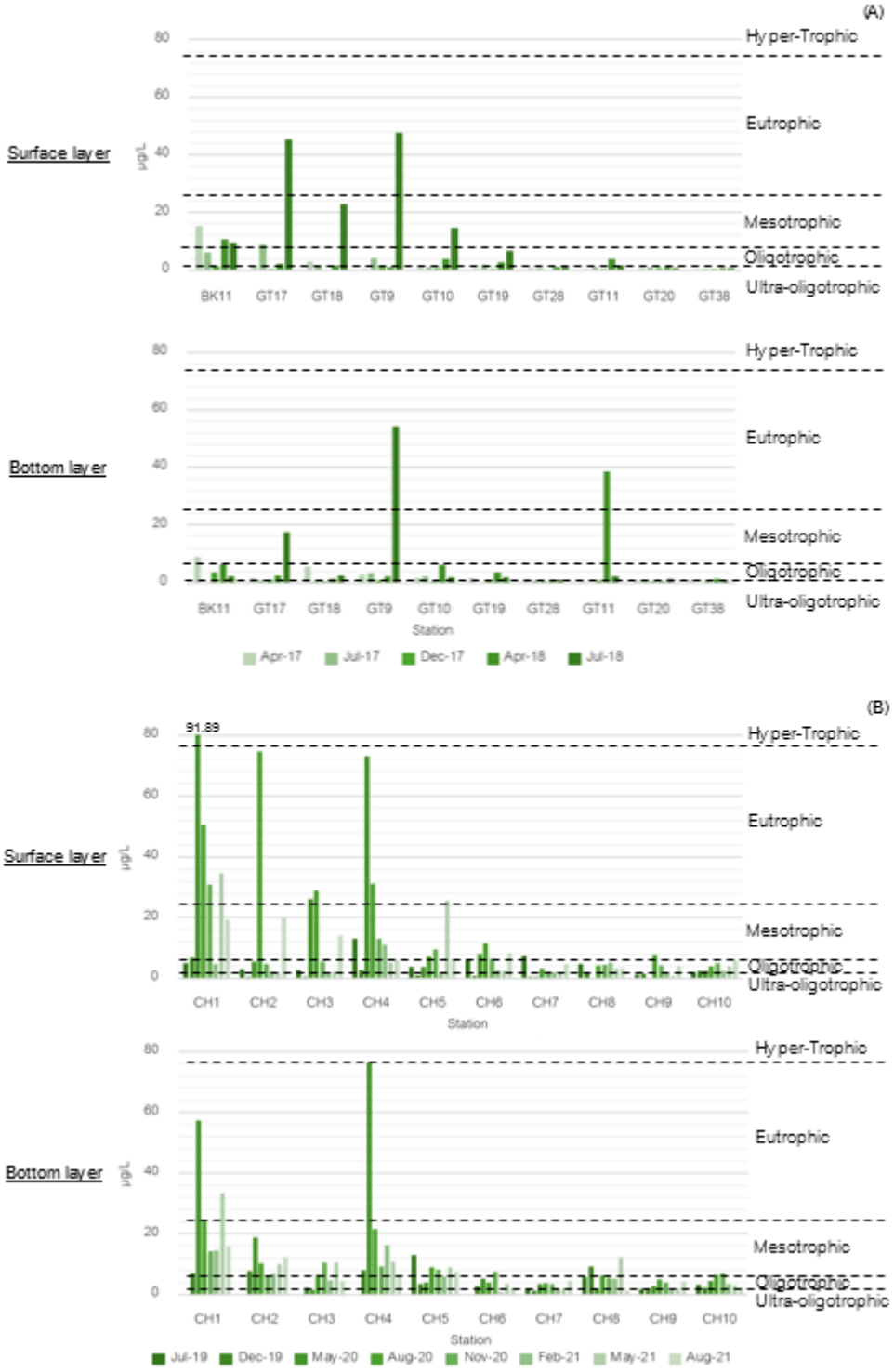


Fig. 2 Surface and bottom concentration of Chlorophyll *a* during 2017–2018 (A); 2019–2021 (B)

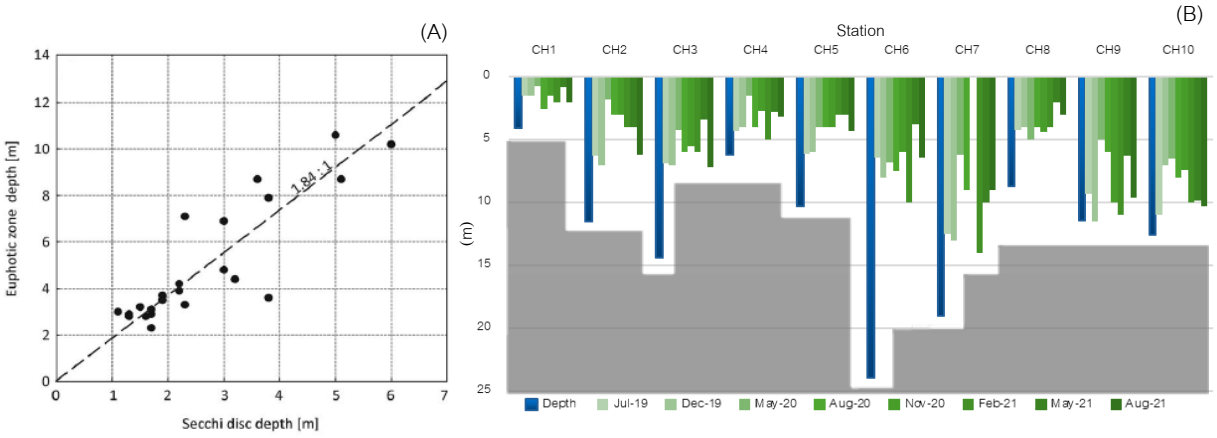


Fig. 3 Correlation between Secchi disc depth and euphotic zone (Borowiak and Borowiak, 2016) (A); seafloor depth and transparency during 2019–2021 (B).

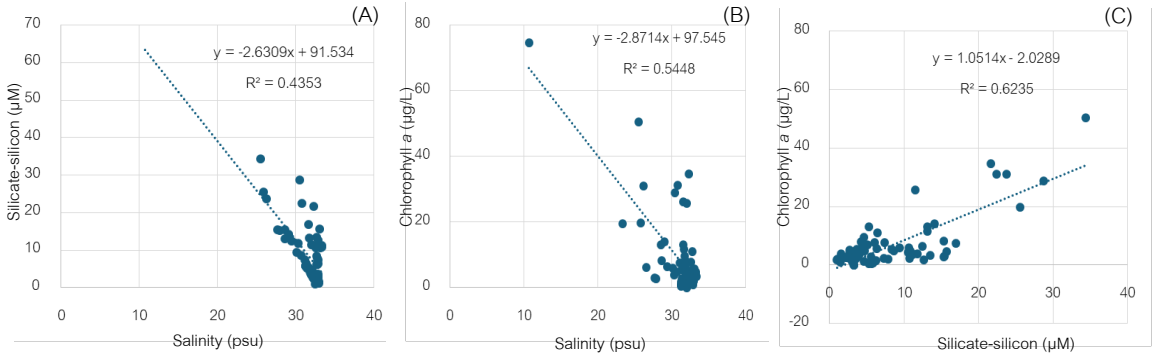
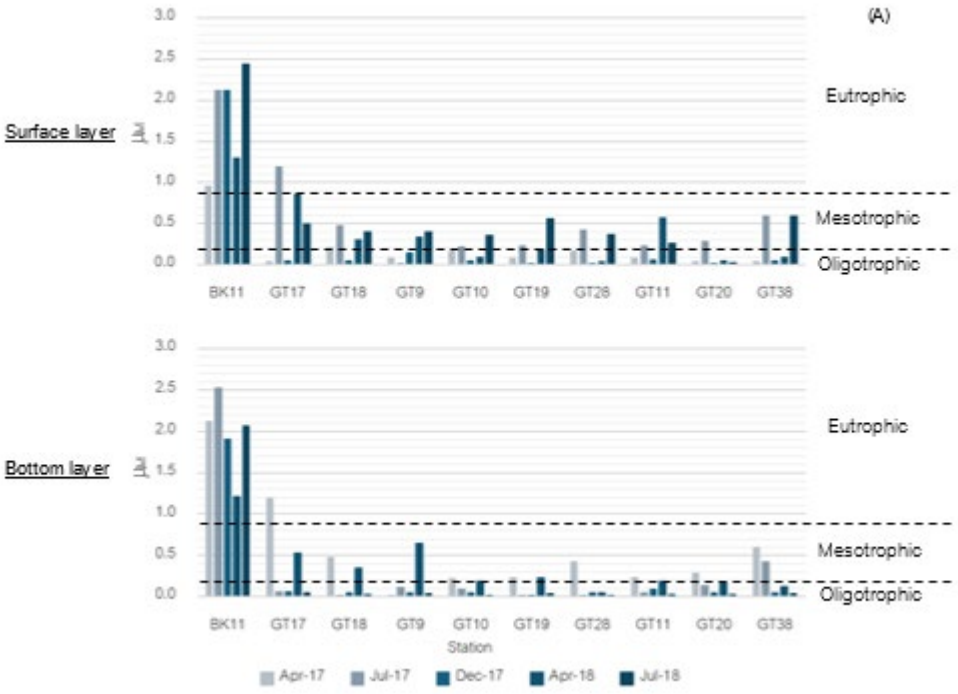


Fig. 4 Correlation between salinity and silicate-silicon (A); salinity and chlorophyll *a* (B); silicate–silicon and chlorophyll *a* (C) during 2019–2021.



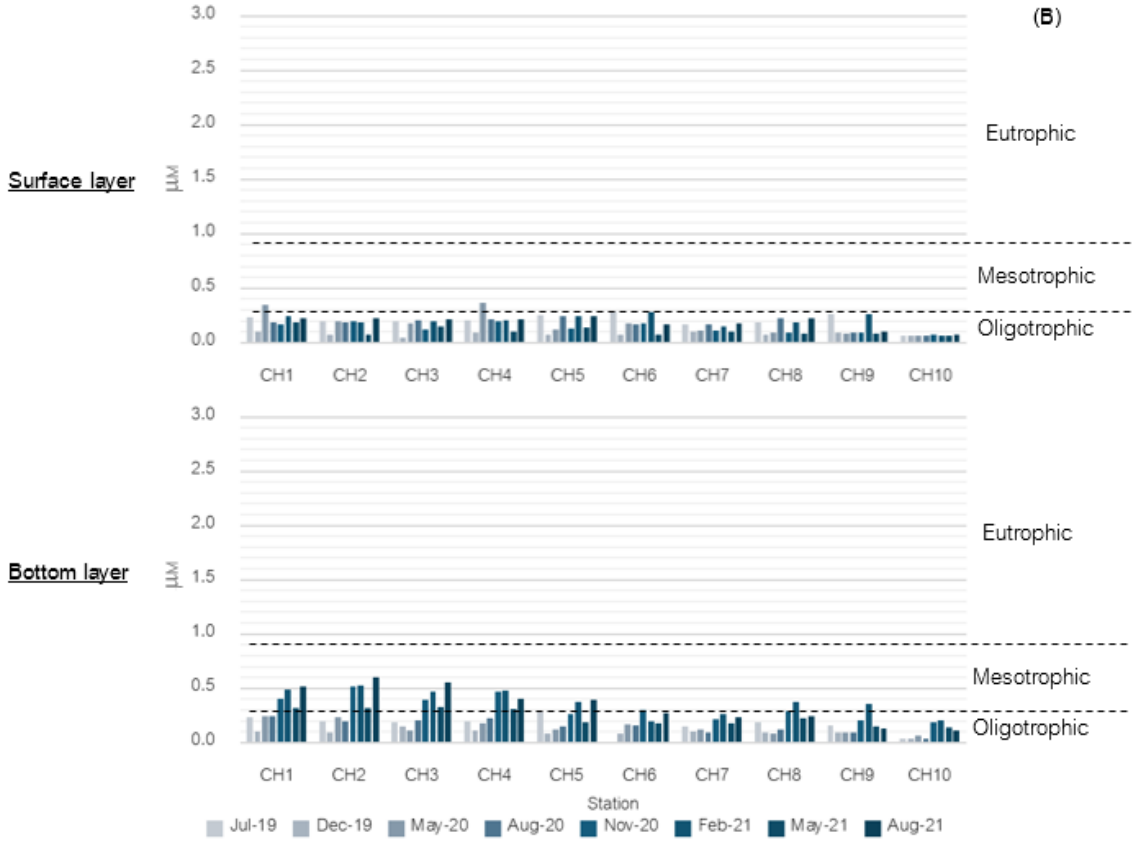


Fig. 5 Surface and bottom concentration of PO_4^{3-}-P during 2017-2018 (A); 2019-2021 (B).

นอกจากภาพรวมความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ พ.ศ. 2560–2561 ที่แสดงค่าสูงกว่า พ.ศ. 2562–2564 แล้ว ความแตกต่างความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต–ฟอสฟอรัสระหว่างช่วงเวลาที่ทำการศึกษาในชุดข้อมูล พ.ศ. 2562–2564 ยังแสดงความผันผวนในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษาลดลงมากกว่าชุดข้อมูล พ.ศ. 2560–2561 (Fig. 5) ประกอบกับเมื่อพิจารณาสถิติจำนวนนักท่องเที่ยวจังหวัดชลบุรีจากข้อมูลของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา (2564) (Fig. 6A) จะเห็นว่าจำนวนนักท่องเที่ยวระหว่าง พ.ศ. 2560–2562 และ 2563–2564 มีค่าอยู่ระหว่าง 14.30–15.16 และ 2.10–5.75 ล้านคน ตามลำดับ ซึ่งจำนวนนักท่องเที่ยวลดลงจากช่วง พ.ศ. 2560-2562 จนกระทั่งถึงช่วง พ.ศ. 2563-2564 คิดเป็นร้อยละ 62–85 นอกจากนี้ สถิติจำนวนเรือสินค้าเข้า–ออกในจังหวัดชลบุรี (การท่าเรือแห่งประเทศไทย, 2564) ก็มีแนวโน้มลงลงจาก พ.ศ. 2560 จำนวน 11,855 ลำ เหลือ 9,407 ลำ ใน พ.ศ. 2564 (Fig. 6B) อีกด้วย และด้วยประการนี้ การลดลงของกิจกรรมชายฝั่งของมนุษย์ทั้งสถิติจำนวนนักท่องเที่ยวและจำนวนเรือสินค้าเข้า-ออกในจังหวัดชลบุรีต่างสอดคล้องต่อแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในมวลน้ำอย่างเห็นได้ชัด

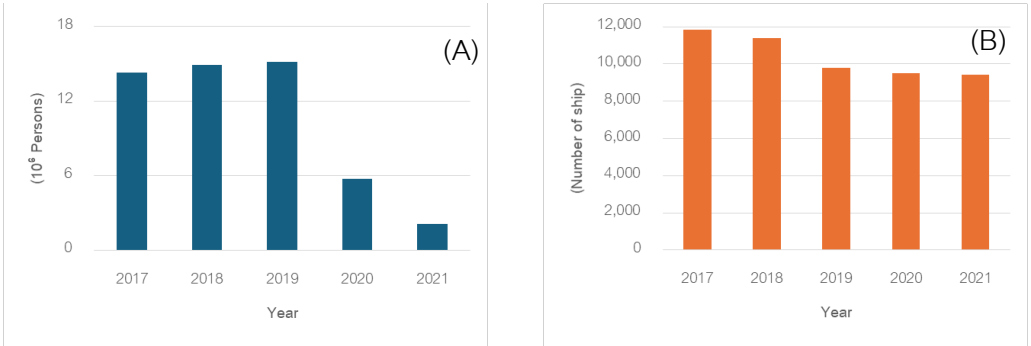


Fig. 6 Statistic of tourist (A); cargo ship (B) in Chonburi coast between 2017 and 2021.

Source: Adapted from Ministry of Tourism and Sports (2021) and Port Authority of Thailand (2021)

สรุป

ความอุดมสมบูรณ์ของชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ในสถานีที่อยู่ใกล้กับปากแม่น้ำมีระดับความสมบูรณ์ตั้งแต่ระดับ Ultra-oligotrophic level ไปจนถึงระดับ Hyper–trophic level ส่วนในบริเวณที่ห่างไกลจากปากแม่น้ำออกไป มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับ Ultra–oligotrophic level จนถึงระดับ Oligotrophic level และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีต ขณะเดียวกันความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำกลับมีแนวโน้มลดลงจากอดีตโดยเฉพาะบริเวณใกล้ปากแม่น้ำบางปะกงที่ลดลงจากระดับ Eutrophic level จนอยู่ในระดับ Oligotrophic ถึง Mesotrophic level จากการลดลงของจำนวนนักท่องเที่ยวและเรือขนส่งสินค้าบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีและสามารถดำเนินการภายใต้ โครงการการพัฒนาแบบจำลองทางสมุทรศาสตร์และระบบเตือนภัยล่วงหน้าบริเวณอ่าวไทยระยะที่ 2 และ 3 สนับสนุนโดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ ในความร่วมมือและการให้ความช่วยเหลือของคณาจารย์และนิสิตผู้ร่วมโครงการฯ ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและที่ปรึกษาร่วมสำหรับการให้ความรู้คำปรึกษา และข้อปรับปรุงต่าง ๆ และนอกเหนือสิ่งอื่นใด คือ เหล่าบุคคลผู้ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจให้ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการศึกษา และเพื่อนพี่น้องนิสิตของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่านมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2565. น้ำทะเลเปลี่ยนสี. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2566 จาก https://km.dmcr.go.th/c_261/d_19455.

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. 2564. สถานการณ์การท่องเที่ยวในประเทศรายจังหวัด ปี 2564. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2568 จาก https://www.mots.go.th/more_news_new.php?cid=411.

การท่าเรือแห่งประเทศไทย. 2564. รายงานสถิติข้อมูล ปีงบประมาณ 2563. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2568 จาก https://md.go.th/wp-content/uploads/2021/11/year_63.1.pdf?93.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2548. ดินตะกอน. ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์.2558. จากต้นน้ำถึงปากแม่น้ำ: บทบาททางนิเวศอุทกวิทยาและการจัดการเชิงอนุรักษ์. คณะประมง , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตราภรณ์ ฟักโสภา, สุชาย วรชนะนันท์, ชนกพร คำพระ. 2560. การศึกษากระแสน้ำและตะกอนบริเวณแหล่งดำน้ำปะการังเทียมและเรือจมมัตโพน บริเวณเกาะล้าน จ.ชลบุรี. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

จริยา อรรคบุตร, จิรวัฒน์ ดารณีศรีสุข, ดาวเสาวลักษณ์ กองทอง, ธิษณ์โรจน์ ตรีรัตนาวิทยา, วันชนก แวววยุรา, สุนทรี จีนสมบูรณ์พานิช, อริสรา ชูสังวาลย์. 2558. การติดตามการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในด้วยการรับรู้ระยะไกล. ใน: การประชุมวิชาการนิสิตนักศึกษาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. 2558. สรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนพืชทะเล. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไตรเทพ วิชยโกวิทเทน, มารุต สุขสมจิตร, อลงกต อินทรชาติ, กนกวรรณ ขาวด่อน. 2561. ผลกระทบจากการเลี้ยงหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) แบบแพเชือกต่อปริมาณตะกอนและสภาพแวดล้อมของดินตะกอนพื้นท้องทะเลบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 28(3), 494–510.

ธรรมนูญ รัศมีมาสเมือง. 2561. กลไกการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีบริเวณอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออก. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

มณฑ์นิศาษ์ ศรีสมวงศ์, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, นภาขวัญ แหวนเพชร, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, ชาคริต เรืองสอน, ทรงเผ่า สมัชชานนท์, ธัญชนก จินดาศรี. 2562. สถานการณ์คุณภาพดินตะกอนและผลิตทรัพยากรพื้นท้องน้ำในพื้นที่อ่าวไทยตอนใน. ใน: รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการแผนวิจัยการพัฒนานโยบายการจัดการประมงอย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานระบบนิเวศ–สังคม ภายใต้ธรรมาภิบาลที่ดีเพื่อความยั่งยืนทางการประมงในพื้นที่อ่าวไทยตอนใน. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศตพร รัตนปรีชาชาญ, ชาคริต เรืองสอน, นภาขวัญ แหวนเพชร. 2566. ความผันแปรเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของคุณภาพตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ปี 2562–2564. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 61: สาขาพืช, สาขาสัตว์, สาขาสัตวแพทยศาสตร์, สาขาประมง, สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 176–184.

ศตพร รัตนปรีชาชาญ. 2566. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลในช่วงก่อนและระหว่างการระบาดของโรค COVID–19: กรณีศึกษาบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ. 2564. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการจ้างเหมาพัฒนาแบบจำลองทางสมุทรศาสตร์และระบบเตือนภัยล่วงหน้าบริเวณอ่าวไทยระยะที่ 2. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, กรุงเทพฯ.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ. 2565. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการจ้างเหมาพัฒนาแบบจำลองทางสมุทรศาสตร์และระบบเตือนภัยล่วงหน้าบริเวณอ่าวไทยระยะที่ 3. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, กรุงเทพฯ.

Borowiak, D., Borowiak, M. 2016. Comparative studies of underwater light regimes in lakes of the EastSuwalki Lakeland. Limnological Review 16: 173–183.

Meksumpun, S., Montani, S., Ichimi, K., Tada, K., Yoshimatsu, S., Okaichi, T. 1995. Relationships between the biochemical composition and the environmental conditions of *Gymnodinium* sp. red tide in the Seto Inland Sea. In: “Harmful Marine Algal Blooms”, Lassus, P., Arzul, G. Erard-Le Denn, E., Gentien, P., Marcaillou-Le Paut, C. (Eds.), Lavoisier, Paris, pp. 621–626.

OECD. 1982. Eutrophication of Water: Monitoring Assessment and Control. Organization of Economic Co-operation and Development, Paris.

Parsons, T. R., Maita, Y., Lalli, C. M. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, UK. 173 pp.

ผลของอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมจุลินทรีย์ *Aurantiochytrium limacinum* ต่อการพัฒนารังไข่แม่พันธุ์ปูทะเล (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949)

Effect of feed supplement with *Aurantiochytrium limacinum* on ovarian maturation in the mud crab (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) broodstock

ปฏิภาณ จันทรมณี[a,*], **สิรินาถ เตชา**[b], **พนิดา อุนะกุล**[b], **จันทร์สว่าง งามผ่องใส**[b], **กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์**[a]
Patipan Jantaramanee[a,*], Sirinart Techa[b], Panida Unagul[b], Chansawang Ngamphongsai[b], Kornrawee Aiemsomboon[a]
[a]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
[b]ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120
[a]Marine Science Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.
[b]National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Pathum Thani 12120, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: patipanjan27@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเสริมจุลินทรีย์ *Aurantiochytrium limacinum* ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อการพัฒนารังไข่แม่พันธุ์ปูทะเล *Scylla paramamosain* องค์ประกอบทางเคมี (% dry matter) ในอาหารเม็ดสำเร็จรูป พบว่าโปรตีนแต่ละชุดการทดลองเป็น 43.52–43.92%, ไขมัน 12.46–12.89% โดยอาหารทั้ง 3 ชุด มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนระยะการพัฒนารังไข่ของแม่พันธุ์ปูที่ได้รับอาหารเม็ดเป็นเวลา 60 วัน พบว่า แม่พันธุ์ปูที่ได้รับอาหารเม็ดที่เสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. Limacinum* 2% มีรังไข่ระยะสมบูรณ์ (OV4) มากที่สุด (75%) รองลงมาเป็นแม่พันธุ์ปูที่ได้รับอาหารเม็ดที่เสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. Limacinum* 1% มีรังไข่ส่วนใหญ่เป็นระยะ OV3 คิดเป็น 75% และ OV4 คิดเป็น 25% ในขณะที่ชุดควบคุม (อาหารเม็ดที่ไม่ได้เสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. limacinum*) รังไข่อยู่ในระยะ OV1–2 (75%) สรุปได้ว่าการเสริม *A. limacinum* 1% ในอาหารเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนารังไข่ของแม่พันธุ์ปูทะเล
คำสำคัญ: การพัฒนารังไข่, ปูทะเล

Abstract

This research aimed to investigate the effects of supplementing *Aurantiochytrium limacinum* in formulated feed on ovarian maturation in the mud crab *Scylla paramamosain*. The proximate composition (% dry matter) of the formulated feed revealed that the protein content of the experimental diets ranged from 43.52% to 43.92%, and lipid content ranged from 12.46% to 12.89%. The protein content across the three experimental diets showed no significant differences ($p > 0.05$). After 60 days of feeding, ovarian development in the female crabs indicated that those fed the 2% *A. limacinum* diet had the most mature ovaries (OV4 stage) at 75%, followed by 1% *A. limacinum* diet, with 75% of ovaries at the OV3 stage and 25% of ovaries at the OV4. The control group showed 75% of ovaries at the OV1-2. The findings suggest that supplementing 1% of *A. limacinum* in the feed is the optimal level for enhancing ovarian development in female mud crabs.
Keywords: *Aurantiochytrium limacinum*, Mud crab, Ovarian maturation, *Scylla paramamosain*

คำนำ

ปูขาว หรือปูทองหลาง (*Scylla paramamosain*; Estampador, 1949) เป็นปูทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เกษตรกรจะนำพ่อแม่พันธุ์ปูขาวจากธรรมชาติมาขุนเลี้ยงให้ออกไข่นอกกระดอง และเพาะฟักลูกปูเพื่อทำการอนุบาลให้ได้เป็นลูกปูชำส่งให้เกษตรกรนำไปเลี้ยงเป็นปูเนื้อ แต่มักประสบปัญหาการอนุบาลลูกปูระยะซูเอี้ย (zoea) ที่มีอัตรารอดชีวิตในระดับต่ำ (สิริวรรณ และ สุพาภร, 2554) เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการศึกษาวิจัยการเพาะเลี้ยงและอนุบาลปูทะเลเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณปูทะเลทดแทนการจับจากธรรมชาติ และสนับสนุนลูกพันธุ์ปูทะเลในการเพาะเลี้ยงให้แก่เกษตรกรเพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพของปูทะเลตามความต้องการของตลาด แต่ผลผลิตลูกพันธุ์ปูทะเลที่เพาะเลี้ยงได้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากประสบปัญหาการขาดแคลนแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองที่รวบรวมจากธรรมชาติได้น้อย จำเป็นต้องรวบรวมแม่พันธุ์ปูไข่แก่จากธรรมชาติมาขุนเลี้ยงเพื่อให้มีไข่นอกกระดองแต่ต้องใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงค่อนข้างนานและต้องเลี้ยงด้วยอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วนเพื่อให้ได้ลูกปูที่มีคุณภาพและได้ผลผลิตที่จะนำไปเพาะเลี้ยงต่อได้

สำหรับแม่พันธุ์ปูทะเลที่จะนำมาเลี้ยงเพื่อให้ออกไข่นอกกระดองได้ แม่พันธุ์ปูมีความต้องการอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างเพียงพอ ได้แก่ ไขมัน คอเลสเตอรอล และโปรตีน เป็นต้น เพราะเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนารังไข่ให้สมบูรณ์ (ปริศนา และคณะ, 2560) และการพัฒนาอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลต้องพิจารณาปริมาณไขมันในอาหารที่จะส่งผลต่อคุณภาพแม่พันธุ์ปูทะเลที่สามารถออกไข่นอกกระดอง (สิริวรรณ และ มนทกานติ, 2559) โดยการพัฒนารังไข่แม่พันธุ์ปูทะเลควรมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) หรือ PUFA ได้แก่ Eicosapentaenoic acid (EPA) และ Docosahexaenoic acid (DHA) ที่มีผลต่อกระบวนการพัฒนารังไข่ ความดกและคุณภาพไข่ และ Arachidonic acid (ARA) เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมน Prostaglandin ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการสร้างและสะสมไข่แดง (Wouters and Fegan, 2004) ซึ่ง DHA และ EPA มีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาตัวของสัตว์น้ำวัยอ่อน แต่ตัวสัตว์น้ำเองนั้นไม่สามารถสังเคราะห์ได้เองต้องได้รับผ่านอาหารเท่านั้น

จุลินทรีย์ *Aurantiochytrium limacinum* เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มทรอสโทไคตริดส์ (Thraustochytrids) ที่มีอยู่บริเวณป่าชายเลน เป็นผู้ย่อยสลายซากอินทรีย์ ที่สามารถผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน คือ DHA ได้ปริมาณสูง โดยมีการนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในลูกกุ้งขาว และลูกกุ้งกุลาดำ เพื่อเสริมการเจริญเติบโต (Visudtiphole et al., 2018; 2021) ทำให้จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จะให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหารสำหรับอนุบาลสัตว์ทะเลวัยอ่อน ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงต้องการทราบผลของอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. limacinum* ต่อการพัฒนารังไข่แม่พันธุ์ปูทะเล (*S. paramamosain*) โดยประเมินคุณภาพของแม่พันธุ์ปูทะเลจากสัดส่วนการพัฒนารังไข่ในแม่พันธ์ปูที่สูงขึ้นในระยะเวลาการเลี้ยง 60 วัน ผลการศึกษาที่ได้จะนำไปพัฒนาการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. limacinum* ในการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลและส่งเสริมการผลิตลูกพันธุ์ปูทะเลที่มีคุณภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

โครงการวิจัยผ่านการพิจารณาและอนุมัติการใช้สัตว์ทดลองจากคณะกรรมการควบคุมดูแลการเลี้ยง และการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Protocol Review No. 2223021) วางแผนทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ใช้ปูขาวเพศเมียที่มีไข่อ่อนระยะที่ 1 หรือ 2 ใช้ชุดการทดลองละ 6

ตัว ชุดทดลองที่ 1 อาหารเม็ดสำเร็จรูปไม่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 0% ชุดทดลองที่ 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. limacinum* 1% (10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) และ ชุดทดลองที่ 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. limacinum* 2% (20 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) โดยผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ระดับโปรตีน 45% และไขมัน 14% ดัดแปลงจากสูตรของ Djunaidah et al. (2003), Kangpanich et al. (2016) รวบรวมแม่พันธุ์ปูทะเลจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 18 ตัว มีรยางค์ครบสมบูรณ์ น้ำหนัก 270 กรัม ความกว้างกระดองตั้งแต่ 10 เซนติเมตร ขึ้นไป คัดแม่พันธุ์ปูที่มีลักษณะสัณฐานของรังไข่ระยะที่ 1 หรือ 2 โดยใช้ไฟฉาย LED (light emitting diode) ส่องผ่านบริเวณกระดอง ใช้เกณฑ์พิจารณาระยะไข่ในกระดอง (ovarian morphology) ตามวิธีของ Wu et al. (2020)

ระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด (semi-recirculating aquaculture system) ใช้ในการทดลองเลี้ยงโดยใช้ถังไฟเบอร์กลาสสีดำเส้นผ่านศูนย์กลาง 112 เซนติเมตร สูง 90 เซนติเมตร ปริมาตร 500 ลิตร ใช้เฝือกไม้ไผ่แบ่งถังเป็น 2 ช่อง จำนวน 9 ถัง (รวมใช้แม่พันธุ์ปูจำนวน 18 ตัว) เลี้ยงแม่พันธุ์ปูช่องละ 1 ตัว รองพื้นถังด้วยเปลือกหอยนางรม ปิดทับด้วยทรายชนิดหยาบ และใส่กระบะทรายละเอียดในแต่ละช่องด้วย แล้วเติมน้ำทะเลให้มีความเค็มประมาณ 30–33 ส่วนในพันส่วน ความสูงของน้ำให้สูงขึ้นมา 50 เซนติเมตร จากก้นถัง จากนั้นใส่วัสดุตรึงเซลล์ไนตริไฟอิงแบคทีเรีย และปิดฝาถังด้วยตาข่ายพรางแสง 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดความเครียดระหว่างการทดลอง โดยระบบนี้จัดให้มีระบบกรองภายในถังเมื่อเปิดเครื่องให้อากาศผ่านสายอากาศน้ำจะถูกดูดผ่านระบบกรองพื้นบ่อและหมุนเวียนภายในบ่อเพื่อบ่มตัวกรองแบบชีวภาพ (biological filter) และให้เซลล์ของแบคทีเรียเพิ่มจำนวนขึ้นบนวัสดุตรึงเซลล์เพื่อช่วยกำจัดของเสียในระบบไปพร้อมกัน เป็นเวลา 60 วัน

นำแม่พันธุ์ปูทะเลมาฝึกให้ยอมรับอาหารเม็ดสำเร็จรูปภายใต้ระบบเลี้ยงเป็นเวลา 45 วันก่อนการทดลอง จนกว่าแม่พันธุ์ปูจะยอมรับอาหารเม็ดสำเร็จรูปได้ จากนั้นจึงเริ่มให้อาหารตามชุดการทดลอง 5% ของน้ำหนักตัวต่อวัน โดยชุดอาหารที่เสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. limacinum* (1% และ 2%) เสริมโดยใช้วิธีสเปรย์ลงไปจนทั่วเม็ดอาหารแล้วผึ่งลมให้แห้งเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นเก็บรักษาไว้ที่ 4 ºC โดยเสริมสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เมื่อเริ่มการทดลองจะชั่งน้ำหนักและวัดความยาวกระดองแม่ปู แล้วติดตามการเจริญเติบโตโดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล และติดตามระยะการพัฒนารังไข่ทุก ๆ 15 วัน โดยวิธีการส่องไฟทุกเช้าเวลา 08.00 น. ตรวจสอบการออกไข่นอกกระดองแล้วหาค่าจำนวนวันที่แม่ปูออกไข่นอกกระดอง (Latency period) (วัน) โดยนับตั้งแต่วันที่เริ่มขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลจนถึงวันที่แม่ปูออกไข่นอกกระดอง

ตรวจวัดคุณภาพน้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ดังนี้ ความเค็ม (ppt) โดยใช้ salino-refrectometer อุณหภูมิ (ºC) ความเป็นกรด–ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนละลาย (mg/L) โดยใช้ Multi probe ยี่ห้อ YSI รุ่น 55 Yellow Springs Instrument USA และเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง (mg/L $CaCO_3$) ความกระด้าง (mg/L) ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม (mg/L) โดยวิธีไทเทรต (EDTA Titrimetric Method) ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรต์ (mg/L) โดยวิธี Spectrophotometric method (Strickland and Parson, 1972) โดยวัดการดูดกลืนแสง หลังจากนั้นนำข้อมูลน้ำหนักของแม่พันธุ์ปูที่เพิ่มขึ้น ลักษณะสัณฐานของรังไข่ เพื่อไปประเมินการเติบโตโดยน้ำหนัก ความยาวกระดอง อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate : SGR) และอัตรารอด (Survival rate) โดยข้อมูลการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีอย่างหยาบในอาหารสำเร็จรูป นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดทดลองโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอย่างหยาบ (proximate composition) (% dry matter) (Table 1) ของอาหารเม็ดสำเร็จรูป พบว่า อาหารสำเร็จรูปทุกชุดการทดลองมีปริมาณโปรตีน 43.52–43.92% ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05) ปริมาณไขมันในชุดควบคุม (0%) มีค่าสูงที่สุดเป็น 12.89±0.12% dry matter สูงกว่าชุดอาหารที่เสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. limacinum* (1% และ 2%) อย่างมีนัยสำคัญ (12.46±0.15 และ 12.49±0.12 % dry matter ตามลำดับ) ส่วนความชื้นในอาหารพบว่ามีค่าสูงขึ้นตามระดับการเสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* เนื่องจากใช้น้ำเป็นตัวกระจายจุลินทรีย์ในการเสริมเพื่อให้ทั่วเม็ดอาหาร

Table 1 Proximate composition (% dry matter) in feed supplement with *A. limacinum* (0%, 1%, and 2%)

	0%	1%	2%
Protein	43.52±0.04[a]	43.92±0.09[a]	43.58±0.04[a]
Lipid	12.89±0.12[b]	12.46±0.15[a]	12.49±0.12[a]
Ash	11.76±0.03[b]	11.63±0.03[a]	11.58±0.03[a]
Moisture	16.56±0.02[a]	16.77±0.02[a]	17.23±0.06[b]
Fiber	2.31±0.02[a]	2.47±0.01[a]	2.50±0.00[a]
Carbohydrate	11.70±0.00[a]	12.75±0.00[b]	12.62±0.00[b]

*Mean±SE in the same row followed by different superscripts are significantly defferent (p <0.05)

การทดลองเลี้ยงปูจะให้อาหารสำเร็จรูปแก่แม่ปูขาวที่มีระยะการพัฒนาของรังไข่ที่ระยะ 1 และ 2 (ไข่อ่อน) ตามชุดการทดลองเป็นเวลา 60 วัน จากการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักแม่ปูขาว (Table 2) พบว่า มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวแม่พันธุ์ปูมีค่าสูงในชุดการทดลอง 1% (Fig. 1) ส่วนค่าการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (Body Weight Gain, BWG) (g) (Table 3) พบว่า ชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 1% มีค่าสูงที่สุด 47.01±20.26 g รองลงมาเป็นชุดอาหารควบคุม (0%) 17.66±0.00 g และชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum 2%* มีค่า 11.79±5.94 g ตามลำดับ ซึ่งทุกชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05) สอดคล้องกับค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate: SGR) (% day^{-1}) พบว่า ชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 1% มีค่าสูงที่สุด 0.18±0.05 (% day^{-1}) รองลงมาเป็นชุดอาหารควบคุม (0%) มีค่า 0.10±0.00 (% day-1) และชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 2% มีค่า 0.08±0.08 (% day^{-1}) ตามลำดับ ซึ่งทุกชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05) แม้ว่าค่าโปรตีนในอาหารประมาณ 43% dry matter จะทำให้แม่พันธุ์ปูขาวในแม่ปูชุดที่ได้รับอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A.limacinum* 1% เจริญเติบโตโดยน้ำหนักดีกว่าชุดการทดลองอื่น แต่แนวโน้มการเพิ่มน้ำหนักก็มีค่าไม่สูงมากนัก คาดว่าจะเป็นผลจากวิธีการเสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* ที่ใช้น้ำผสมเพื่อช่วยกระจายจุลินทรีย์ให้ทั่วเม็ดอาหาร ทำให้เม็ดอาหารมีความคงตัวในน้ำค่อนข้างน้อยและแตกตัวเร็ว ทำให้แม่ปูมาจับกินเม็ดอาหารได้น้อย เป็นสาเหตุทำให้แม่ปูในการทดลองไม่ได้รับอาหารในปริมาณที่จำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโต เห็นได้จากค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปไม่มาก และอัตรารอดในชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 1% มีอัตรารอดสูงที่สุด (100%)

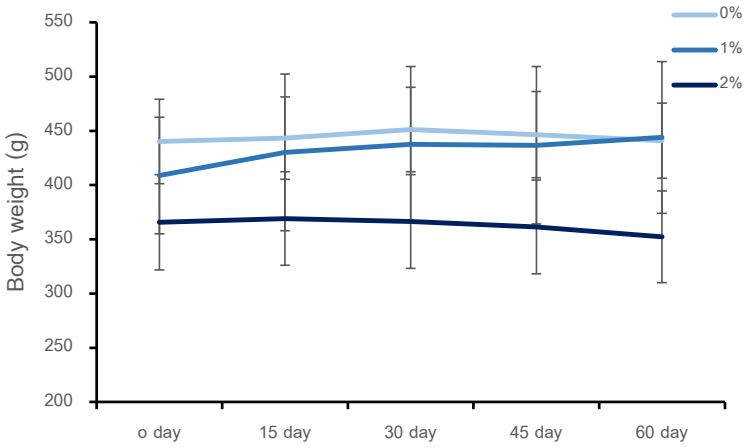


Fig.1 Body weight (g) of female green mud crab *S. paramamosain* broodstock received formulated diets (0%, 1% and 2%) every 15 day

Table 2 Body weight (g) of female green mud crab *S. paramamosain* broodstock received formulated diets (0%, 1% and 2%) every 15 day

	0%	1%	2%
0 day	440.17±38.87^{b}	408.77±53.79^{b}	365.71±43.90^{a}
15 day	443.40± 37.94^{b}	430.25±72.73^{b}	369.18±43.21^{a}
30 day	451.20±39.00^{b}	437.48±71.82^{b}	366.39±43.23^{a}
45 day	446.50±39.76^{b}	436.70±72.60^{b}	361.51±43.23^{a}
60 day	441.02±34.63^{b}	443.93±69.85^{b}	352.3±42.30^{a}

*Mean±SE in the same row followed by different superscripts are significantly defferent ($p < 0.05$)

Table 3 Initial Body weight; IBW (g), Body Weight Gain; BWG (g), Specific Growth Rate; SGR (% day^{-1}) and Survival Rate; SVR (%) of female green mud crab *S. paramamosain* broodstock received formulated diets (0%, 1% and 2%) after 60 days

	0%	1%	2%
IBW (g)	440.17±38.87^{b}	408.77±53.79^{b}	365.71±43.90^{a}
BWG (g)	17.66±0.00^{a}	47.01±20.26^{b}	11.79±5.94^{a}
SGR (% day^{-1})	0.10±0.00^{a}	0.18±0.04^{b}	0.08±0.08^{a}
SVR (%)	83.33^{a}	100.00^{b}	83.33^{a}

*Mean±SE in the same row followed by different superscripts are significantly defferent ($p < 0.05$)

การติดตามการพัฒนาระยะรังไข่ในแม่ปูขาวที่ได้รับอาหารทุกชุดการทดลองทุก ๆ 15 วัน (Fig. 2) ด้วยวิธีการส่องไฟ โดยพิจารณาจากลักษณะสัณฐานของรังไข่แม่พันธุ์ปู แม่ปูที่เกิดการพัฒนาของรังไข่ จะปรากฏส่วนทึบแสง (รังไข่) โดยมีสัดส่วนของรังไข่ต่อพื้นที่กระดองเปลี่ยนแปลงไปในทุก ๆ 15 วัน เมื่อส่องด้วยไฟฉายจากใต้กระดอง จากการทดลอง

นี้ใช้แม่พันธ์ปูที่ระยะเริ่มต้นไม่เท่ากัน โดยใช้แม่พันธุ์ปูที่มีระยะ 1 และ 2 (ไข่อ่อน) คิดเป็น 95.83% ของจำนวนปูในการทดลอง พบว่า ใน 15 วันแรก ชุดการทดลองอาหารควบคุม (0%) และชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 1% ไม่มีการพัฒนาเข้าสู่ระยะที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน ขณะที่ชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ A. *limacinum* 2% พบว่า มีการพัฒนาเข้าสู่ระยะที่สูงขึ้นเป็นระยะที่ 3 มีสัดส่วนเป็น 50% ต่อมาในวันที่ 3 พบว่าชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 1% มีการพัฒนาเข้าสู่ระยะที่สูงขึ้นเป็นระยะที่ 2 มีสัดส่วนเป็น 50% ในขณะที่ชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 2% กลับพบแม่ปูที่มีรังไข่ระยะที่ 1 คิดเป็น 50% และรังไข่ทั้งระยะที่ 2 และ 3 เป็น 25% ลดลงจาก 50% ในรอบเวลา 15 วัน และในชุดอาหารควบคุม 0% ไม่พบการพัฒนาในรอบนี้ ต่อมาในรอบวันที่ 45 ชุดการทดลองควบคุม 0% แม่ปูพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 3 มีสัดส่วนเป็น 25% ในชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 1% รังไข่มีการพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 2 ทั้งหมด (100%) และแม่ปูในชุดการทดลอง 2% พบว่ารังไข่ระยะที่ 1 และระยะที่ 2 และระยะที่ 3 สามารถพัฒนารังไข่เข้าสู่ระยะที่ 4 มีสัดส่วนเป็น 25% เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 60 วัน ชุดควบคุม 0% ไม่มีการพัฒนาจากรอบ 45 วัน โดยในชุดการทดลองนี้ไม่พบแม่ปูที่สามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 4 ในขณะที่ชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 1% พบว่าแม่ปูส่วนใหญ่สามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 3 เป็น 75% และแม่ปูสามารถพัฒนารังไข่เข้าสู่ระยะที่ 4 คิดเป็น 25% และชุดอาหารที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* 2% พบว่าสัดส่วนของแม่ปูที่มีรังไข่ระยะที่ 1 อยู่ในระดับคงเดิมเป็น 25% ในขณะที่แม่ปูที่มีรังไข่ระยะที่ 4 เพิ่มสูงขึ้นเป็น 75% ในรอบเวลา 60 วัน

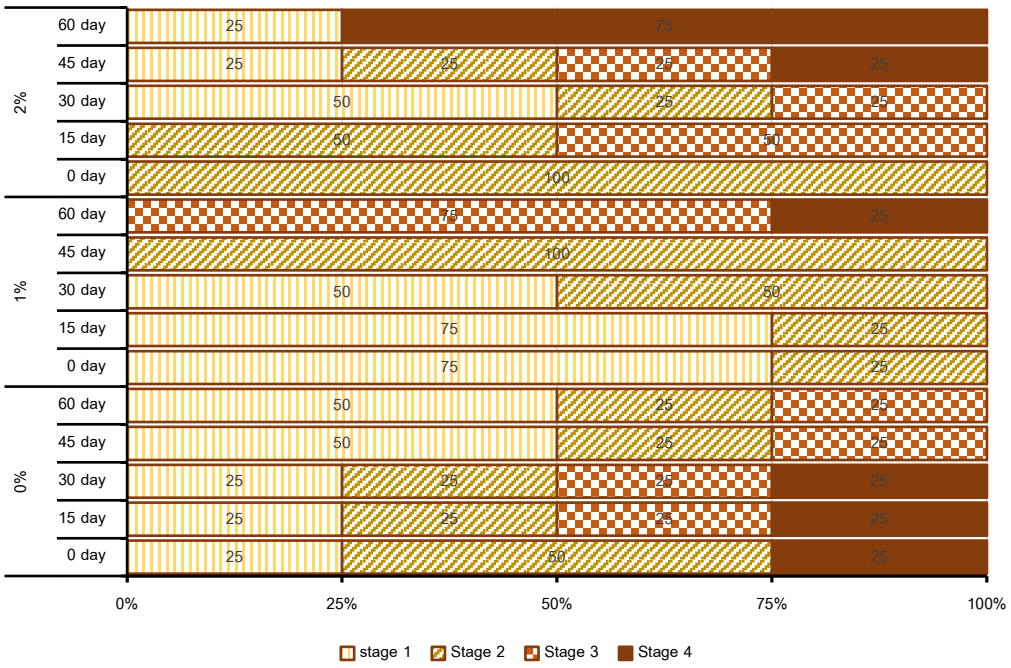


Fig. 2 Proportion ovarian stage developmental of female green mud crab *S. paramamosain* broodstock received formulated diets (0%, 1%, and 2%) at 15, 30, 45, and 60 days

Table 4 Latency period (day) of female green mud crab *S. paramamosain* broodstock received formulated diets (0%, 1%, and 2%)

	0%	1%	2%
Latency period (day)	18	19.5	30
Spawning Rate (%)	16.66	33.33	16.66
Ovarian stage at 0 day	2	2	1

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* ในอาหารเม็ดสำเร็จรูป (1% และ 2%) สามารถกระตุ้นให้แม่ปูขาวมีการพัฒนาระยะรังไข่เข้าสู่ระยะที่สูงขึ้นได้ดีกว่าแม่ปูชุดที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมจุลินทรีย์ โดยการพัฒนาจะเริ่มเห็นชัดเจนในช่วงวันที่ 30–60 ของการทดลอง สัดส่วนการพัฒนาระยะรังไข่เข้าสู่ระยะที่สมบูรณ์ที่สุด คือ ระยะที่ 4 คิดเป็น 75% และ 25% ในแม่ปูชุดที่เสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* ระดับ 2% และ 1% ตามลำดับ ในขณะที่แม่ปูชุดที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปไม่เสริมจุลินทรีย์จะพบการพัฒนาระยะรังไข่สูงที่สุดคือระยะที่ 3 พบสัดส่วนเพียง 25% โดยในสัตว์กลุ่มครัสเตเชียน (crustacean) รวมถึงปูทะเล *Scylla* sp. รังไข่และตับอ่อนเป็นอวัยวะที่สะสมไขมันในปริมาณแตกต่างกันไปตามระยะการพัฒนารังไข่จึงมีการสะสมสารอาหารและสร้างไข่แดงตามระยะการพัฒนาของรังไข่และมีการพัฒนาเซลล์ไข่ที่ทำให้ขนาดของ Oocyte เพิ่มมากขึ้น (Aaqillah–Amr et al., 2018) สำหรับระยะเวลาการเลี้ยงแม่พันธุ์ปูขาวจนให้มีไข่นอกกระดอง (latency period) (day) (Table 4) ของแต่ละการทดลอง พบว่า ชุดอาหารควบคุม (0%) แม่พันธุ์ปูมีไข่นอกกระดองได้เร็วที่สุดใช้เวลา 18 วัน รองลงมาเป็นชุดอาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมด้วยจุลินทรีย์ *A. limacinum* 1%, 2% ใช้เวลา 19.5 วัน และ 30 วัน ตามลำดับ

ดังนั้น การนำจุลินทรีย์ *A. limacinum* มาเสริมลงในอาหารเม็ดสำเร็จรูปจะเป็นการเพิ่มกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 ได้ในระดับสูง (Unagul et al., 2017) สอดคล้องกับปริมาณ DHA ใน *A. limacinum* มีปริมาณสูงถึง 33.30% of Total fatty acid EPA และ DPA มีปริมาณ 0.47 และ 7.70% of Total fatty acid ตามลำดับ (Visudtiphole et al., 2018) และมีการนำจุลินทรีย์ *A. limacinum* มาเสริมในอาหารมีชีวิตในการอนุบาลลูกกุ้งขาวและลูกกุ้งกุลาดำ ทำให้มีการเจริญเติบโตและอัตรารอดดีขึ้น (Visudtiphole et al., 2018; 2021) ดังนั้นกรดไขมันในจุลินทรีย์ *A. limacinum* จะจำเป็นต่อแม่พันธุ์ปูทะเลในการสะสมพลังงาน การพัฒนาของรังไข่ และส่งผลต่อคุณภาพของลูกปูทะเลได้

สรุป

อาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมจุลินทรีย์ *A. limacinum* สามารถพัฒนาให้รังไข่ของแม่ปูขาวพัฒนาเข้าสู่ระยะที่สูงจนสามารถออกไข่นอกกระดองได้ แต่การเสริม *A. limacinum* ระดับ 1% ทำให้สัดส่วนของแม่ปูออกไข่นอกกระดองมากที่สุด ส่วนการเสริม *A. limacinum* ระดับ 2% ทำให้รังไข่แม่ปูมีการพัฒนาระยะของรังไข่ได้ดีกว่า เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ไม่เสริมด้วยจุลินทรีย์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนจากศูนย์เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

ปริศนา คลิ้งสุขคล้าย, โกวิทย์ เก้าเอี้ยน และ เจษฎา ถังมณี. 2560. ผลของการให้อาหารสูตรต่าง ๆ ต่อความสมบูรณ์เพศของปูขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2560. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 24 หน้า.

สิริวรรณ หนูเซ่ง และ มนทกานติ ท้ามติ้น. 2559. ผลของแหล่งไขมันที่เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่อคุณภาพแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดอง *(Scylla paramamosain* Estampador, 1949). เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2559. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี. กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง.กรมประมง. 20 หน้า.

สิริวรรณ หนูเซ่ง และ สุพาภร แก้วอักษร. 2554. การอนุบาลปูทะเล (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) วัยอ่อนระยะซูเอี้ยถึงระยะลูกปูคราบแรกด้วยอาหารต่างชนิดกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2554. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. 21 หน้า.

Aaqillah-Amr, M.A., Hidir, A., Noordiyana, M.N., Ikhwanuddin, M. 2018. Morphological, biochemical and histological analysis of mud crab ovary and hepatopancreas at different stages of development. Anim. Reprod. Sci. 195: 274–283. doi: 10.1016/j.anireprosci.2018.06.005

Djunaidah, I.S., Wille, M., Kontara, E.K., Sorgeloos, P. 2003. Reproductive performance and offspring quality in mud crab (Scylla paramamosain) broodstock fed different diets. Aquacult. 11: 3–15.

Kangpanich, C., Pratoomyot, J., Siranonthana, N., Senanan, W. 2016. Effects of arachidonic acid supplementation in maturation diet on female reproductive performance and larval quality of giant river prawn (Macrobrachium rosenbergii). PeerJ 4: e2735. doi: 10.7717/peerj.2735

Unagul, P., Suetrong, S., Preedanon, S., Klaysuban, A., Gundool, W., Suriyachadkun, C., Sakayaroj, J. 2017. Isolation, fatty acid profiles and cryopreservation of marine thraustochytrids from mangrove habitats in Thailand. Bot. Mar. 60: 363–379. doi: 10.1515/bot-2016-0111

Visudtiphole, V., Phromson, M., Tala, S., Bunphimpapha, P., Raweeratanapong, T., Sittikankaew, K., Arayamethakorn, S., Preedanon, S., Jangsutthivorawat, W., Chaiyapechara, S., Unagul, P. 2018. Aurantiochytrium limacinum BCC52274 improves growth, hypo-salinity tolerance and swimming strength of Penaeus vannamei post larvae. Aquaculture 495: 849–857. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.066

Visudtiphole, V., Khudet, J., Chaitongsakul, P., Plaisen, S., Siriwattano, J., Laiphrom, S., Klaysuban, A., Raweeratanapong, T., Sittikankaew, K., Rattanaphan, N., Koichai, L., Unagul, P., Uawisetwathana, U. 2021. Growth and lipidomic analyses of Penaeus monodon larvae supplemented with Aurantiochytrium limacinum BCC52274. Front. Mar. Sci. doi: 10.3389/fmars.2021.771929

Wu, Q., Waiho, K., Huang, Z., Li, S., Zheng, H., Zhang, Y., Ikhwanuddin, M., Lin, F., Ma, H. 2020. Growth performance and biochemical composition dynamics of ovary, hepatopancreas and muscle tissues at different ovarian maturation stages of female mud crab, Scylla paramamosain. Aquaculture 515: 734560. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734560

สาขาส่งเสริมการเกษตร และคหกรรมศาสตร์

(Subject: Agricultural Extension and Home Economics)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

การจำลองออกแบบระบบแปลงปลูกผักระบบอินเตอร์เน็ตประสารสรรพสิ่ง

Simulation the design of a vegetable planting system for the Internet of Things

เชาวณ์กิติพัฒน์ ขันทะชา, สรวิชญ์ นิลดวง, ฐิตาภรณ์ ยันประเวส, กฤชนนท์ สวนจันทร์, ณัฐพล ใจสำรวม*
Chaowkitipat Khantachar, Sorawich Nildoung, Titaporn Yunprawes, Krichanon Suanchan, Nattapon Jaisumroum*
สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120
Department of Sustainable Development Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathum Thani 12120, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: nattaponj@tu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรไทยต้องเจอกับปัญหาหลายด้านที่ซับซ้อนทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง ซึ่งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่ส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูก การขาดแคลนน้ำในหลายพื้นที่ ปัญหาการใช้ทรัพยากรน้ำที่ไม่เหมาะสมและการสูญเสียสารอาหารจากการรดน้ำมากเกินไปเป็นปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลงและเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายให้แก่เกษตรกร การปรับการให้น้ำให้เหมาะสมตามความต้องการของพืชจึงเป็นสิ่งสำคัญ เช่น การให้น้ำในปริมาณที่เหมาะสมไม่มากเกินไปจนเกิดน้ำขัง หรือไม่ต่ำเกินไปจนทำให้พืชขาดความชุ่มชื้น การใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะที่ใช้ Internet of Things (IoTs) มาใช้ในการควบคุมการให้น้ำและการดูแลพืชสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากร โดยเฉพาะในกรณีของผักสลัดกรีนโอ๊กที่เป็นพืชมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น การป้องกันโรคโลหิตจางและบรรเทาอาการท้องผูก เทคโนโลยีนี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการน้ำและสารอาหารในระบบการผลิตได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ตอบสนองต่อความท้าทายทางการเกษตรและส่งเสริมการเกษตรที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ, เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ, น้ำ, ผักสลัดกรีนโอ๊ก, Internet of Things (IoT)

Abstract

Currently, Thai farmers are facing a range of complex agricultural challenges, including climate change impacts on crop cultivation, water scarcity in many areas, and issues related to the inefficient use of water resources and nutrient loss due to over-irrigation. These factors contribute to reduced agricultural productivity and increased costs for farmers. Therefore, it is crucial to adjust irrigation to meet the needs of plants, such as providing an appropriate amount of water—not too much to cause waterlogging, and not too little to cause dehydration. The use of smart agricultural technology, particularly Internet of Things (IoT) systems, to control irrigation and plant care can help improve resource management efficiency. This is especially beneficial for Green Oak lettuce; a highly nutritious plant known for its ability to prevent anemia and relieve constipation. This technology allows farmers to manage water and nutrients in the production system accurately and efficiently, addressing agricultural challenges and promoting sustainable farming practices.

Keywords: Climate change, Green Oak Salad, Internet of Things (IoT), Smart agriculture technology, Water

คำนำ

ผักกาดหอมกรีนโอ๊คเป็นพืชที่นิยมบริโภคสด หรือนำไปตกแต่งในจานอาหาร มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยอุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามินที่มีประโยชน์หลายชนิด ซึ่งช่วยป้องกันโรคโลหิตจางและบรรเทาอาการท้องผูก เหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน (เจตน์, 2557) โดยวิธีในการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คมีหลายรูปแบบ เช่น ไฮโดรโปนิกส์ อควาโปนิกส์ การปลูกโดยใช้ดิน (Agrios, et al., 2015) ซึ่งการปลูกแต่ละรูปแบบให้ผลผลิตที่มีความปลอดภัย โดยเฉพาะการปลูกด้วยดินแบบเกษตรอินทรีย์ (organic farming) มีจุดเด่น คือ ไม่มีการใช้สารเคมี ฮอร์โมน ยาฆ่าแมลง และสารกำจัดวัชพืช (Smart Farm DIYs, 2021; Urban Farming, 2021) ทำให้ปลอดภัยต่อการบริโภคทั้งแบบผักสด หรือ ผักแปรรูป ซึ่งการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คแบบเกษตรอินทรีย์นั้น มีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตหลายประการ หนึ่งในนั้นคือการจัดการน้ำที่ไม่เหมาะสม ซึ่งถ้ามีการให้น้ำมากเกินไปจะส่งผลให้รากเน่า เกิดเชื้อรา สูญเสียธาตุอาหารโดยไม่จำเป็น ส่วนถ้าให้น้ำน้อยเกินไป พืชไม่สามารถดูดซับสารอาหารได้ครบถ้วน ทำให้เจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ (Agrios, 2005; Stagnari et al., 2015; กรมส่งเสริมการเกษตร,2565)

อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoTs) คือ เทคโนโลยีที่ใช้การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การเปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องมือทางการเกษตร หรือเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ในด้านการเกษตร IoT คือการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาปรับใช้เพื่อพัฒนาและส่งเสริมการเกษตร ทำให้เกิดการเกษตรที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพ (TCI Thai Journal Online., 2021; มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2021; AnyFlip., 2021; สถาบันวิจัยและพัฒนาอีอีซี., 2021) การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการเกษตร ซึ่งสามารถเชื่อมต่อและควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในดินให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่พืชต้องการ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาพที่เหมาะสม สามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นจากเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิ และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจได้อย่างแม่นยำในการจัดการทรัพยากรและดูแลพืชอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังสามารถลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็น เช่น การลดการใช้น้ำ ส่งผลให้มีผลผลิตทางการเกษตรที่ดีขึ้นและทำให้เกษตรกรมีรายได้ที่สูงขึ้น (พรทิพย์ และคณะ, 2565)

คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการจำลองระบบการให้น้ำผักสลัดกรีนโอ๊คอัจฉริยะ โดยใช้โปรแกรม Wokwi และ Blynk เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบให้น้ำในแปลงปลูกผักด้วยระบบ IoT และจำลองระบบให้น้ำผักสลัดกรีนโอ๊คอัจฉริยะด้วยโปรแกรม Wokwi มาใช้ในการควบคุมระบบต่าง ๆ ภายในโรงเรือน เช่น ระบบการรดน้ำอัตโนมัติ และระบบเปิดไฟในช่วงเวลากลางคืน รวมทั้งการใช้ Blynk ในการเปิด-ปิดอุปกรณ์และการแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟน ทำให้การปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

โปรแกรม wokwi

เป็นซอฟต์แวร์ที่ทางานบนหน้าเว็บออนไลน์ สามารถเขียนโปรแกรมและจาลอง (Simulator) การทำงานของบอร์ด Arduino, Raspberry Pi Pico และ ESP32 หรือบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ออกแบบมาเพื่อเรียนรู้การเขียนโปรแกรมโดยไม่ต้องใช้ฮาร์ดแวร์จริง

โปรแกรม Blink

Blynk Platform ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ Internet of Things ซึ่งมีคุณสมบัติในการควบคุมจากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และยังสามารถแสดงผลค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ ได้อีกด้วย

เซนเซอร์ระบบ Iot

1.เซ็นเซอร์ความชื้น

เซ็นเซอร์ความชื้นใช้ในการวัดปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศหรือก๊าซอื่นๆ ภายในบรรยากาศ โดยทั่วไปการวัดนี้จะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ RH เซ็นเซอร์ความชื้นสามารถประเมินระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในช่วง 10-90%RH ด้วยขนาดที่กะทัดรัดและมีราคาถูก จึงนิยมใช้ทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม

2.เซนเซอร์วัดค่าแสง

เป็นอุปกรณ์กึ่งตัวนำ (Semi-conductor) ใช้วัดความสว่างของปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบริเวณฐานรองรับที่ไวต่อแสงที่ผลิตจาก แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) ซึ่งจะแปลงปริมาณทางแสงที่ตกกระทบเป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วยสัญญาณอนาล็อคหรือไมโครคอนโทรลเลอร์

3.เซนเซอร์วัดระยะ

เซนเซอร์วัดระยะจะส่งสัญญาณ (เช่น คลื่นเสียง คลื่นวิทยุ หรือแสงเลเซอร์) ไปยังพื้นผิวของน้ำในแทงค์ จากนั้นคลื่นจะสะท้อนกลับมายังเซนเซอร์ ซึ่งเซนเซอร์จะวัดระยะเวลาระหว่างการส่งและรับคลื่น แล้วคานวณระยะห่างจากเซนเซอร์ถึงผิวน้ำ เนื่องจากตาแหน่งของเซนเซอร์จะถูกติดตั้งอยู่ที่ด้านบนของแทงค์ ระยะห่างที่วัดได้จึงสามารถนาไปคำนวณเพื่อหาปริมาณน้ำในแทงค์ได

การออกแบบและพัฒนาระบบให้น้ำในแปลงปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค

การออกแบบและพัฒนาระบบให้น้ำในแปลงปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คเริ่มจากการกำหนดขนาดโรงเรือนให้เหมาะสมกับจำนวนแปลงปลูกผักสลัด การเลือกรูปแบบการให้น้ำให้ใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่สิ้นเปลืองน้ำ และการออกแบบระบบการควบคุมการให้น้ำจะทำงานโดยอิงตามเงื่อนไขที่กำหนด ได้แก่ ความชื้นในดิน การเปิด-ปิดไฟในช่วงกลางคืน

การจำลองระบบให้น้ำผักสลัดกรีนโอ๊คอัจฉริยะด้วยโปรแกรม Wokwi และ Blynk

เงื่อนไขการให้น้ำผักสลัดในระบบนี้จะเริ่มทำงานเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 50% และหยุดให้น้ำเมื่อความชื้นในดินสูงถึง 69% (Spsmartplants, 2563) ซึ่งช่วยให้การให้น้ำมีความแม่นยำและตอบสนองความต้องการของพืชอย่างเหมาะสม ระบบยังมีฟังก์ชันการเปิดไฟอัตโนมัติในช่วงเวลากลางคืนตามเวลาที่ตั้งไว้ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักสลัดในโรงเรือน (องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน, 2565) โดยสามารถควบคุมการเปิด-ปิดไฟได้ผ่านเซนเซอร์หรือการตั้งเวลา การใช้โปรแกรม Wokwi ในการออกแบบและจำลองระบบนี้ช่วยเพิ่มความสะดวกในการจัดการโรงเรือนและทำให้เกษตรกรสามารถควบคุมและตรวจสอบระบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการออกแบบและพัฒนาระบบให้น้ำในแปลงปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค

โรงเรือนที่ออกแบบให้มีความเหมาะสมกับผักสลัดกรีนโอ๊คมีขนาดกว้าง 3.5 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 2.5 เมตร สามารถปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คได้ 12 ต้น โดยมี แปลงผักภายในโรงเรือนที่ใช้ระบบ IoTs ประกอบด้วยแทงค์น้ำ 1 ถัง ปั๊มน้ำจากถัง 1 ตัว ซึ่งควบคุมการปล่อยน้ำผ่านรีเลย์และแผงควบคุม ESP32 โดยมีหัวน้ำหยด 6 ตัว และเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน 1 ตัว เพื่อให้สามารถตรวจสอบและควบคุมการให้น้ำอย่างแม่นยำ ในขณะที่แปลงผักที่ไม่ใช้ระบบ IoTs ประกอบด้วยแทงค์น้ำ 1 ถัง ปั๊มน้ำจากถัง 1 ตัว ซึ่งควบคุมการปล่อยน้ำด้วยการตั้งเวลาเปิด-ปิดน้ำ และมีหัวน้ำหยด 6 ตัว ภายในโรงเรือนติดตั้งหลอดไฟ 2 ดวง พร้อมตู้ควบคุมสำหรับเปิด-ปิดไฟและตรวจสอบสถานะแบตเตอรี่ ส่วนภายนอกโรงเรือนจะมีเซ็นเซอร์วัดความชื้นในอากาศ และแผงโซลาร์เซลล์ 1 แผง เพื่อเก็บพลังงานแสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ ซึ่งจะใช้พลังงานนี้ในการจ่ายให้กับบอร์ดควบคุมในการทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์ต่างๆ ดัง Fig. 1

รูปแบบการให้น้ำ คณะผู้วิจัยเลือกใช้ระบบน้ำหยด ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการให้ความชุ่มชื้นแก่พืชโดยตรงที่ราก ซึ่งลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยหรือการไหลซึมที่ไม่จำเป็น โดยน้ำจะถูกส่งไปยังรากของพืชผ่านท่อที่มีหัวจ่ายน้ำซึ่งควบคุมการไหลของน้ำอย่างแม่นยำ ระบบนี้ช่วยลดการใช้น้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในเกษตรกรรม ในระบบ IoT ที่ใช้ร่วมกับ Blynk, ระบบน้ำหยดจะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติผ่านการตั้งค่าในแอปพลิเคชัน โดยการตรวจสอบและควบคุมการเปิด-ปิดน้ำตามสถานะของเซนเซอร์ความชื้นหรือการตั้งเวลาเป็นช่วง ๆ ซึ่งสามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของพืชและสภาพอากาศ

จะทำงานโดยอิงตามเงื่อนไขที่กำหนด ได้แก่ การใช้เซนเซอร์ความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ที่จะวัดความชื้นในดินอย่างต่อเนื่อง โดยศึกษาช่วงความชื้นในดินที่เหมาะสมในการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค แล้วใช้ระบบ IoTs ควบคุมการให้น้ำ เมื่อความชื้นในดินต่ำกว่าช่วง ระบบจะทำการเปิดวาล์วเพื่อปล่อยน้ำเข้าไปในแปลงปลูกผัก หากความชื้นในดินอยู่ที่ความชื้นสูงสุดที่เหมาะกับการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค ระบบจะหยุดการปล่อยน้ำทันที เพื่อป้องกันการใช้ทรัพยากรน้ำโดยไม่จำเป็น เซนเซอร์จะเชื่อมต่อกับแพลตฟอร์ม Blynk ซึ่งสามารถตั้งค่าการทำงานได้ล่วงหน้าและควบคุมผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ทำให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานะของการให้น้ำและตั้งค่าปรับเงื่อนไขการปล่อยน้ำได้จากทุกที่ ทุกเวลา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- เซนเซอร์ DHT22 มีความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิและความชื้น แต่อาจมีความผิดพลาดจากสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความชื้นเร็วเกินไป

- การทำงานของ LDR และ LED ช่วยให้ระบบตอบสนองต่อแสงในห้องได้ดี เช่น การเปิดหรือปิด LED ตามระดับแสง แต่จะมีความคลาดเคลื่อนเมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย ๆ

- การควบคุมรีเลย์ สามารถควบคุมรีเลย์ให้ปิดอุปกรณ์เมื่อความชื้นเกิน 60% ช่วยป้องกันความเสียหายจากความชื้นสูงแต่อาจต้องปรับค่าให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

- การใช้เซนเซอร์ความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ที่จะวัดความชื้นในดินอย่างต่อเนื่อง

- การเชื่อมต่อกับ Blynk ช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและควบคุมข้อมูลจากเซนเซอร์ได้จากระยะไกล หากการเชื่อมต่อ Wi-Fi ไม่เสถียร อาจทำให้ไม่สามารถรับข้อมูลหรือควบคุมอุปกรณ์ได้

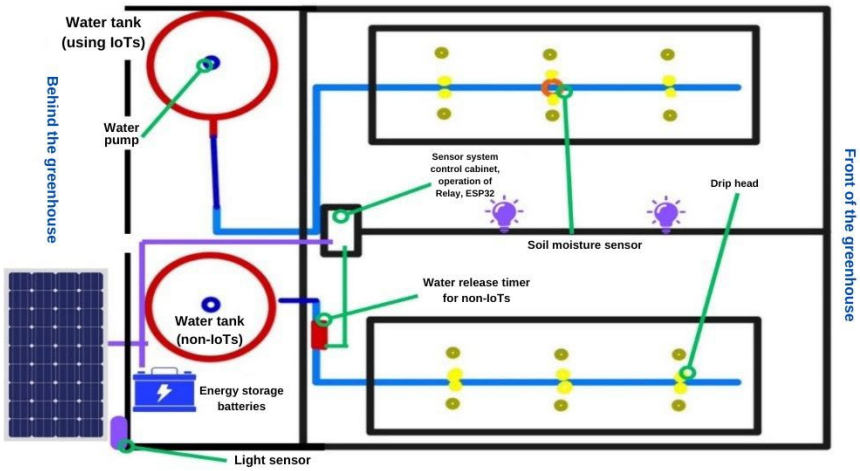


Fig. 1 Smart Green Oak Salad Irrigation system in greenhouse

ผลการจำลองระบบให้น้ำผักสลัดกรีนโอ๊คอัจฉริยะด้วยโปรแกรม Wokwi และ Blynk

การจำลองระบบในโปรแกรม Wokwi นี้มีการเชื่อมต่อและควบคุมเซ็นเซอร์ต่างๆ ผ่านระบบ Blynk โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ซึ่งเชื่อมต่อกับ Wi-Fi และสามารถส่งข้อมูลระหว่างเซนเซอร์และแอป Blynk ได้อย่างสะดวกและแม่นยำ โค้ดนี้ใช้เซนเซอร์หลายตัว ได้แก่ เซ็นเซอร์ DHT22 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น, LDR สำหรับตรวจจับแสง , และการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Relay และ LED เพื่อทำงานตามสภาพแวดล้อมที่อ่านได้จากเซนเซอร์ต่างๆ (Fig. 2)

ในขั้นตอนการทำงาน ระบบจะเริ่มต้นการเชื่อมต่อกับ Wi-Fi และ Blynk ผ่านโทเค็นการตรวจสอบที่กำหนดไว้ในโค้ด เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จ ระบบจะทำการอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ DHT22 และส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นไปยังแอป Blynk ซึ่งผู้ใช้สามารถดูข้อมูลเหล่านี้ได้ในเวลาเดียวกัน การแสดงผลจะปรากฏบนหน้าจอ LCD ภายในโรงเรือนด้วยเช่นกัน และการควบคุมการทำงานของ LED จะถูกจัดการตามสถานะแสงที่วัดได้จากเซนเซอร์ LDR หากแสงมีค่าต่ำ LED จะเปิดเพื่อให้แสงสว่าง แต่หากแสงมีค่ามากพอ LED จะปิดลง นอกจากนี้ยังมีการควบคุมการทำงานของ Relay ตามความชื้นในอากาศที่วัดได้จาก DHT22 หากความชื้นสูงเกินไป Relay จะหยุดการทำงานตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้

ในระหว่างการจำลองในโปรแกรม Wokwi อาจเกิดปัญหาบางอย่าง เช่น ปัญหาการเชื่อมต่อกับ Wi-Fi หรือ Blynk ที่อาจทำให้การส่งข้อมูลไม่สำเร็จ หรือปัญหาการแสดงผลที่ผิดพลาดบนหน้าจอ LCD หากตั้งค่าพอร์ต I2C ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังอาจเกิดข้อผิดพลาดในการควบคุม Relay หากการเชื่อมต่อหรือการตั้งค่าพินผิดพลาด ทำให้ Relay ไม่ทำงานตามที่คาดหวัง

การแก้ไขปัญหาเหล่านี้เริ่มต้นจากการตรวจสอบการตั้งค่า Wi-Fi และโทเค็น Blynk ให้ถูกต้อง และตรวจสอบการตั้งค่าของ LCD รวมถึง I2C Address เพื่อให้แสดงผลได้อย่างถูกต้อง ส่วนการควบคุม Relay ควรตรวจสอบการเชื่อมต่อและการตั้งค่าพินของ Relay ให้สอดคล้องกับการใช้งานในโค้ด โดยการทดสอบอีกครั้งหลังจากการปรับแก้จะทำให้ผลลัพธ์ออกมาตามที่ต้องการ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดจะทำงานร่วมกันอย่างสมบูรณ์ อุณหภูมิและความชื้นจะถูกส่งไปยังแอป Blynk และแสดงผลบน LCD LED จะเปิดหรือปิดตามแสงที่วัดได้จาก LDR และ Relay จะทำงานตามสภาวะความชื้นในอากาศที่ได้จากเซ็นเซอร์ DHT22

การจำลองระบบให้น้ำผักสลัดกรีนโอ๊คในโรงเรือนที่ได้มีการออกแบบได้ทำงานตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้การทำงานเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 50% ระบบจะเริ่มทำงานให้น้ำและจะหยุดให้น้ำเมื่อความชื้นในดินสูงถึง 69% ซึ่งช่วยให้การให้น้ำมีความแม่นยำและตอบสนองต่อความต้องการของพืชได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ระบบยังมีกลไกการเปิดไฟอัตโนมัติใน

ช่วงเวลากลางคืนตามเวลาที่ตั้งไว้ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊คในโรงเรือน ซึ่งการเปิด-ปิดไฟสามารถควบคุมได้ทั้งผ่านเซนเซอร์และการตั้งเวลา อีกทั้งการใช้โปรแกรม Wokwi ในการออกแบบและจำลองระบบนี้ยังเพิ่มความสะดวกในการจัดการโรงเรือน ทำให้เกษตรกรสามารถควบคุมและตรวจสอบระบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการทดลอง ระบบที่ใช้งานในงานวิจัยนี้พบว่าเซนเซอร์ DHT22 มีความแม่นยำสูงในการวัดอุณหภูมิและความชื้น ทำให้ข้อมูลที่ได้เชื่อถือได้อย่างสูง แต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิหรือความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ระบบการทำงานของ LDR และ LED ยังช่วยให้ระบบตอบสนองต่อแสงในห้องได้ดี แต่บางครั้งความแม่นยำในการตอบสนองของแสงอาจลดลงในมุมที่แสงเข้ามาไม่ตรงหรือเมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยๆ การควบคุมรีเลย์ในระบบสามารถทำงานได้ดีในการปิดอุปกรณ์เมื่อความชื้นเกิน 69% ซึ่งช่วยป้องกันความเสียหายจากความชื้นสูง แต่การปรับค่าความชื้นอาจต้องพิจารณาความแตกต่างของสภาพแวดล้อม ในการใช้งานเซนเซอร์ความชื้นในดิน ระบบสามารถวัดความชื้นในดินได้อย่างต่อเนื่องและตอบสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การเชื่อมต่อกับ Blynk ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมและตรวจสอบข้อมูลจากเซนเซอร์ได้จากระยะไกล แต่หากการเชื่อมต่อ Wi-Fi ไม่เสถียร อาจทำให้การรับข้อมูลหรือการควบคุมอุปกรณ์เกิดปัญหาขึ้น ข้อจำกัดของระบบให้น้ำผักสลัดกรีนโอ๊คแบบอัตโนมัติที่ใช้โปรแกรม Wokwi และ Blynk ประกอบด้วยข้อจำกัดในการใช้งาน Blynk ซึ่งบัญชีที่ใช้อยู่มีข้อจำกัดในการใส่จำนวนเซนเซอร์ ทำให้การแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันถูกจำกัด และการส่งผ่านสัญญาณอาจไม่เสถียร อาจเกิดข้อผิดพลาดได้ ส่วนการจำลองใน Wokwi ยังมีข้อจำกัดในการเลือกประเภทของเซนเซอร์ที่ใช้ ทำให้ไม่สามารถทดลองเซนเซอร์บางตัวที่ต้องการได้ โดยรวมแล้ว ระบบการให้น้ำอัตโนมัติในโรงเรือนที่ออกแบบและจำลองผ่าน Wokwi และ Blynk นี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดบางประการที่จำเป็นต้องปรับปรุงเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ดีขึ้นในทุกสภาพแวดล้อม ดังแสดงใน Fig. 3–4

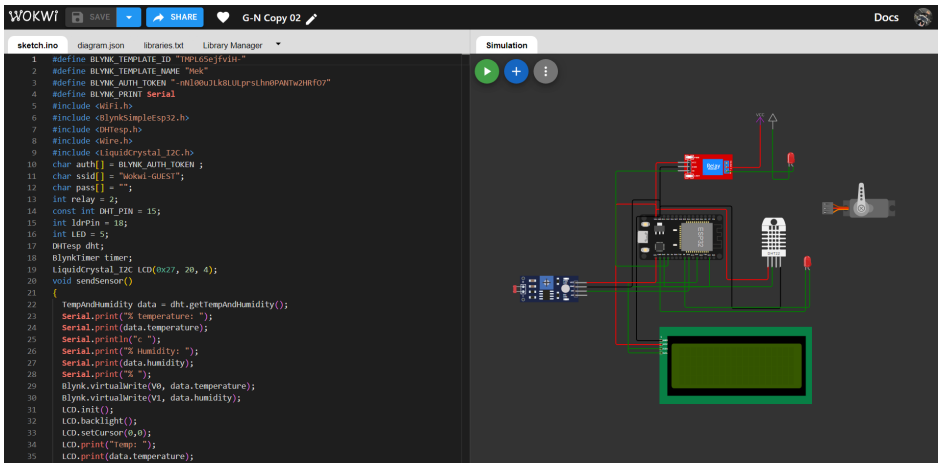


Fig. 2 Simulation of Smart Green Oak Salad Dressing System with Wokwi

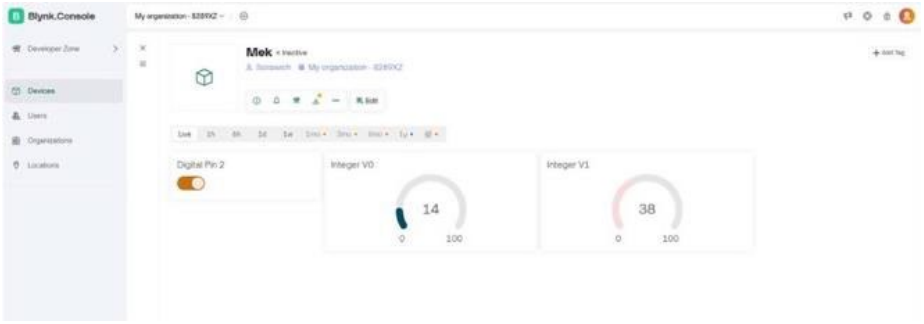


Fig. 3 Deploying and Setting Values in the Blynk Program

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL65ejfviH-"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Mek"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "-nNl00uJLk8LULprsLhn0PANTw2HRfO7"
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <DHTesp.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN ;
char ssid[] = "Wokwi-GUEST";
```

Fig. 4 Putting the system in place in conjunction with the Blynk program Result

การวิจารณ์ผล

ข้อดีของระบบ

1. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบที่ให้น้ำตามระดับความชื้นในดินเป็นการประหยัดน้ำ ซึ่งมีความสำคัญในพื้นที่ที่มีทรัพยากรน้ำจำกัด การที่ระบบทำงานเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 50% ช่วยให้การใช้น้ำมีประสิทธิภาพและลดการสูญเสีย

2. การประหยัดพลังงาน การเปิดไฟเฉพาะในช่วงกลางคืนและปิดในช่วงกลางวันสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้อย่างมาก ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญในด้านการลดค่าใช้จ่ายและรักษาสิ่งแวดล้อม

3. การควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างแม่นยำ ระบบสามารถควบคุมทั้งระดับความชื้นในดินและแสงสว่างได้อัตโนมัติ ทำให้การเจริญเติบโตของผักอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมได้ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลให้ผักเจริญเติบโตได้ดีและมีผลผลิตที่มีคุณภาพสูง

4.ลดข้อผิดพลาดจากมนุษย์ การทำงานของระบบอัตโนมัติช่วยลดการพึ่งพาความสามารถในการตัดสินใจของมนุษย์ ลดความเสี่ยงจากการลืมหรือการคำนวณผิดพลาดในการให้น้ำหรือเปิดไฟ

ข้อเสียหรือข้อจำกัดของระบบ

1. การพึ่งพาเซนเซอร์ที่อาจเกิดความผิดพลาด ระบบนี้พึ่งพาเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ซึ่งถ้าเซนเซอร์เกิดความผิดพลาดหรือไม่ได้รับการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ อาจทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่แม่นยำ ส่งผลกระทบต่อการให้น้ำหรือเปิดไฟผิดเวลา

2. ขาดความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง ระบบนี้ใช้เกณฑ์ความชื้นคงที่ 50–69% ซึ่งอาจไม่เหมาะสมในทุกสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศแตกต่างกัน เช่น ในฤดูร้อนอาจต้องการการควบคุมที่เข้มข้นกว่า หรือในฤดูฝนอาจมีการใช้น้ำที่น้อยลง

3. การจำกัดการควบคุมแสงในระดับเดียว ระบบการเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติอาจไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการของผักแต่ละชนิด บางครั้งผักอาจต้องการแสงที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น เช่น ในช่วงเวลาที่มีเมฆมากหรือต้องการแสงเพิ่มในตอนเช้า

4.ต้นทุนในการติดตั้งและบำรุงรักษา ระบบอัตโนมัติที่มีเซนเซอร์และระบบควบคุมอาจมีต้นทุนในการติดตั้งที่สูง รวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบ ซึ่งอาจเป็นภาระให้กับเกษตรกรในบางกรณี

5. การพึ่งพาเทคโนโลยีที่มีความเสี่ยง หากเกิดปัญหาด้านเทคโนโลยี เช่น ระบบคอมพิวเตอร์หรือเซนเซอร์เสียหาย ระบบอาจไม่ทำงานตามที่คาดหวัง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค

สรุป

การจำลองระบบให้น้ำและการเปิดปิดไฟอัตโนมัติสำหรับผักสลัดกรีนโอ๊คเป็นการพัฒนาที่ช่วยส่งเสริมการเกษตรได้หลายประการ โดยเฉพาะในแง่ของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผักและการดูแลรักษาผักในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมและตรวจสอบสภาพการเจริญเติบโตของผักได้ดียิ่งขึ้น ข้อดีหลัก ๆ ของระบบนี้ได้แก่

1.ประหยัดน้ำ ระบบให้น้ำทำงานเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 50% ซึ่งช่วยลดการใช้น้ำเกินความจำเป็น การจำกัดการให้น้ำเมื่อดินมีความชื้นสูงกว่า 69% ยังช่วยลดการสูญเสียและการใช้น้ำเกินที่ไม่จำเป็น

2.ประหยัดพลังงาน การเปิดปิดไฟอัตโนมัติในช่วงกลางวันและกลางคืนทำให้ประหยัดพลังงาน โดยการเปิดไฟเฉพาะเมื่อจำเป็น เช่น ในช่วงกลางคืน ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3.ควบคุมสภาพแวดล้อมได้แม่นยำ ด้วยการควบคุมทั้งระดับความชื้นในดินและการจัดการแสงสว่าง ทำให้สภาพแวดล้อมสำหรับการเจริญเติบโตของผักเหมาะสมตลอดเวลา ส่งผลให้ผักเติบโตได้ดี มีคุณภาพและผลผลิตสูง

4.ลดความเสี่ยงจากการผิดพลาด การทำงานอัตโนมัติช่วยลดการพึ่งพาการตัดสินใจของมนุษย์และลดความผิดพลาดจากการลืมหรือการคำนวณผิดพลาด

ข้อเสนอแนะ

1.การปรับระบบตามฤดูกาล เนื่องจากสภาพอากาศและการเจริญเติบโตของพืชอาจแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ระบบควรมีฟังก์ชันที่สามารถปรับค่าการให้น้ำและแสงให้เหมาะสมกับฤดูกาลนั้น ๆ เช่น ในฤดูร้อนอาจต้องการการให้น้ำที่บ่อยขึ้นหรือแสงที่ยาวนานขึ้น

2.การบำรุงรักษาและตรวจสอบประสิทธิภาพ ควรมีระบบแจ้งเตือนเมื่อเซนเซอร์หรือส่วนต่าง ๆ ของระบบทำงานผิดปกติ เพื่อให้สามารถบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

วัชรี เพ็ชรวงษ์, จำรุณี ทองอร่าม, สนธยา สังข์ทอง, อธิสุทธิธันวา จันทร์นาลาว. 2564. แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT ต้นแบบสำหรับผู้พิการ. สืบค้นจาก https://search.app/f94BB2uVifvMKevY7

โชติพงศ์ กาญจนประโชติ. 2566. อุปกรณ์ IOT สำหรับตรวจวัดและควบคุมการให้น้ำทางการเกษตรแบบแม่นยำอัตโนมัติ. https://kb.mju.ac.th/innovation.aspx?id=3902

รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์. 2561. ระบบตรวจวัดและให้น้ำพืชอัตโนมัติตามค่าความชื้นในดินโดยใช้เทคโนโลยี IoT และ AWS Cloud. https://cite.dpu.ac.th/upload/content/files/Paper_61/Re-002-61.pdf

อัตภาพ มณีเติม, ศิริวรรณ แดงฉ่ำ. 2566. การพัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดแสง อุณหภูมิและความชื้น ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง IoT สำหรับแปลงผักยกโต๊ะ. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scijPBRU/article/view/254276

ขจรยศ ศิรินิล, อรประภา เทพศิลปะวิสุทธิ์. 2563. การพัฒนาวัสดุดินผสมเพื่อการเพาะปลูกผัก สลัดกรีนโอ๊ค. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=6_44-3-4851.pdf&id=4243&keeptrack=0

พรทิพย์ กัญญา, ฐิติรัตน์ สีสมาน, กฤตนัย เจียมเกาะ, ปฏิพัทธ์ สีคำแสน, ปภาณไชยสงคราม, พิพัฒน์ ไกลมณี, อุมาพร บ่อพิมาย. 2565. การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะ. วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา.

ธนัยพร กำจร. 2563. การประยุกต์ใช้ Internet of Things (IoT) ในทางการเกษตร. สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาอีอีซี. 2021. เทคโนโลยี IoT เพื่อเกษตรแม่นยำ. https://www.eeci.or.th/news/เทคโนโลยี-iot-เพื่อเกษตรแม่นยำ

Stagnari, F., Galieni, A., Pisante, M. 2015. Water and fertilizer management in organic farming. Agricultural Water Management. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377414000860

ผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุมต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่

The effects of substituting wheat flour with Pathum Thani fragrant brown rice flour on the physical and sensory qualities of noodle products

ณัฐภาส อยู่สว่าง, ธีรภาพ ปานคล้าย, ปพนพัชร์ ภัทรฐิติวัสส์*
Nattapas Yousawang, Teerapap panklai, Paponpat Pattarathitiwat*
สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12120
Department of Home Economics, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12120, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: Paponpat_p@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุมในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด โดยศึกษาปริมาณที่แตกต่างกัน 6 ระดับ คือ 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, และ 30% วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสถูกประเมินโดยใช้แบบทดสอบ 9-Point Hedonic Scale กับผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ผลการทดลองระบุว่าเส้นบะหมี่ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุมในสัดส่วน 30% ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 8.00, 7.19, 7.17, 7.60 และ 8.00 ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนถึงระดับการยอมรับในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมปทุม เส้นบะหมี่มีความเข้มของสีเพิ่มขึ้นและมีเนื้อสัมผัสที่แน่นขึ้น ยกเว้นค่าความยืดหยุ่นและค่าการเกาะติด ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง แต่อย่างไรก็ตามค่าสีและค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ได้ส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

คำสำคัญ: ข้าวกล้องหอมปทุม, เส้นบะหมี่, อาหารเพื่อสุขภาพ

Abstract

This study investigated the substitution of wheat flour with Pathum Thani fragrant brown rice flour in fresh noodle production at 6 different levels: 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, and 30%. The physical and sensory properties were evaluated using the 9-Point Hedonic Scale Test with 30 panelists. The results indicated that noodles with 30% substitution of Pathum Thani fragrant brown rice flour were significantly ($p < 0.05$) preferred by panelists in terms of appearance, odor, taste, softness, and overall liking. The average scores were 8.00, 7.19, 7.17, 7.60, and 8.00, respectively, reflecting moderate to high acceptance. With higher substitution levels, the noodles exhibited increased color intensity and firmer texture, except for springiness and cohesiveness, which remained unchanged. However, these changes in color and texture did not significantly affect consumer acceptance. Therefore, it is suitable for health-conscious consumers.

Keywords: Food for health, Noodles, Pathum Thani fragrant brown rice flour

คำนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายและสารต้านอนุมูลอิสระ การบริโภคข้าวอย่างสม่ำเสมอจึงเป็นส่วนสำคัญในการบำรุงร่างกายให้แข็งแรงและป้องกันโรคต่างๆ อย่างไรก็ตาม การเลือกบริโภคข้าวชนิดต่างๆ อย่างเหมาะสม และการปรุงอาหารด้วยวิธีที่ถูกสุขลักษณะ จะช่วยให้ได้รับประโยชน์สูงสุดจากข้าว (Supatchalee et al., 2015) ข้าวกล้องหอมปทุม ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ BKNA6-18-3-2 กับสายพันธุ์ PTT85061-86-3-2-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ในปี พ.ศ. 2533 ข้าวกล้องหอมปทุมเป็นข้าวไทยที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยพบสารแกมมา-ออริซานอล (Gamma Oryzanol) ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายด้าน เช่น ลดการดูดซึมคอเลสเตอรอล เพิ่มระดับไขมันชนิดดี (HDL-C) เพิ่มการไหลเวียนของเลือด ลดความเครียด กระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนสำหรับการเจริญเติบโต เพิ่มการหลั่งสารที่ช่วยผ่อนคลาย ลดการสูญเสียแคลเซียมที่เป็นสาเหตุของโรคกระดูกพรุน เพิ่มระดับของฮอร์โมนอินซูลินที่ให้ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด และยับยั้งการหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร เป็นต้น (นิภาพร, 2560) การบริโภคข้าวกล้องหอมปทุมอย่างสม่ำเสมอจึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้ที่ต้องการดูแลสุขภาพ ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวกล้องหอมปทุมอาจเป็นแนวทางที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

เส้นบะหมี่เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในเอเชียและทั่วโลก ด้วยความสะดวกในการปรุงประกอบและรสชาติที่หลากหลาย เส้นบะหมี่จึงกลายเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมอาหารในหลายประเทศ (J. E. Kruger et al., 1996; สุธีรา และคณะ, 2564) แต่อย่างไรก็ตามการบริโภคเส้นบะหมี่ในปริมาณมาก และต่อเนื่องอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable diseases; NCDs) ได้ เนื่องจากในเส้นบะหมี่มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับจากแป้งสาลีสูง (วิวรณ์, 2564) โดยพบว่าเส้นบะหมี่สด 100 กรัม ให้พลังงาน 298 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต 54.51 กรัม โปรตีน 12.69 กรัม ไขมัน 3.29 กรัม โซเดียม 613 มิลลิกรัม เหล็ก 2.02 มิลลิกรัม และวิตามินบี 20.04 มิลลิกรัม เป็นต้น (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, มปป.) งานวิจัยหลายงานจึงพยายามใช้แป้งชนิดอื่นหรือส่วนผสมต่างๆ ที่ได้จากธรรมชาติ มาพัฒนาเป็นเส้นบะหมี่หรืออาหารประเภทเดียวกัน เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว และเส้นพาสต้า ให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น อาทิ การใช้แป้งกล้วย (ฐานิศร, 2565) แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Supatchalee et al., 2015) แป้งข้าวสังข์หยด (ขนิษฐา, 2561) แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวฟ่าง (A. Dahal, 2021) เป็นต้น เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงวัตถุประสงค์คือการใช้แป้งข้าวกล้องหอมปทุมเป็นส่วนผสมในการทำเส้นบะหมี่ที่มีคุณประโยชน์ โดยศึกษาผลของบะหมี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุมต่อคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ข้าวกล้องหอมปทุมถูกจัดหาจากวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่ จังหวัดปทุมธานี แป้งสาลีอเนกประสงค์ตราว่าว ไข่ไก่ เบอร์ 0 ตราซีพี และปูนใสจัดซื้อมาจากตลาดไท อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

การเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมปทุม

ข้าวกล้องหอมปทุมถูกบดโดยใช้เครื่องบดอเนกประสงค์ (รุ่น AF-20A, Auari) ที่ความเร็ว 3900 รอบต่อนาที ครั้งละ 1 กิโลกรัม โดยปั่นสองรอบ เป็นเวลา 1 นาทีต่อรอบ จากนั้นทำการร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช จนหมด

การเตรียมเส้นบะหมี่และการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งข้าวกล้องหอมปทุมทดแทนแป้งสาลี

ทำการเตรียมเส้นบะหมี่โดยดัดแปลงมาจากสูตรของ ธรัญญา และเจษฎา (ธรัญญา และเจษฎา, 2562) โดยทดแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุมทั้งหมด 6 ระดับ ได้แก่ 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, และ 30% ดังแสดงใน Table 1 หลังจากนั้นผสมและนวดส่วนผสมเป็นเวลา 15 นาที พักแป้งไว้ 30 นาที ต่อมารีดแป้งเป็นแผ่นบางๆ แล้วใช้เครื่องรีดแป้ง (Shule) ตัดเป็นเส้น

Table 1 The ingredients of noodle products substituted wheat flour with Pathum Thani fragrant brown rice flour.

Ingredients	The amount of Pathum Thani fragrant brown rice flour					
	0%	10%	15%	20%	25%	30%
Wheat flour (%)	65.58	59.02	55.74	52.46	49.18	45.90
Pathum Thani fragrant brown rice flour (%)	0	6.56	9.84	13.12	16.40	19.68
Egg (%)	19.67	19.67	19.67	19.67	19.67	19.67
Water (%)	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92
Limewater (%)	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสีดำเนินการโดยใช้เครื่อง Hunterlab ColorFlex EZ (Hunter Associates Laboratory, Reston, VA, USA) และรายงานค่าดังนี้ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียว – แดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน (b^*) ซึ่งทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสดำเนินการโดยใช้เครื่อง Stable Micro Systems TA-XT plus (Model TA-XT plus, Stable Micro Systems,. USA) ซึ่งวิธีการเตรียมตัวอย่างดัดแปลงจาก Natcharee (Natcharee, 2021) โดยทำการต้มเส้นบะหมี่ขนาด 3 นิ้ว ในน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 นาที สะเด็ดน้ำ และพักไว้ในอุณหภูมิห้องจนเย็น ทำการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติความแข็งของวัตถุ ซึ่งใช้วิธีการ Texture profile analysis (TPA) หัววัดรหัส P36R ทดสอบที่ความเร็ว 10 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทาง 10 มิลลิเมตร และวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติความคงตัวของวัตถุ ซึ่งใช้วิธีการของ International Organization for Standardization (ISO) หัววัดรหัส A/LKB-F ทดสอบที่ความเร็ว 0.17 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทาง 10 มิลลิเมตร ซึ่งทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง (ธีระพงศ์, 2562) แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเหนียว (Gumminess) ค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และค่าการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale test) โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสข้าวกล้องหอมปทุม รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม (ณัฐวรานาท และคณะ, 2566) ดัดแปลงวิธีการเตรียมตัวอย่างการประเมินคุณภาพทางประสารทสัมผัสจากวิวรณ์ และธนากร (วิวรณ์ และธนากร, 2564) โดยนำเส้นบะหมี่ที่ได้ไปลวกในน้ำเดือด ใช้เวลา 3 นาที เสิร์ฟเส้นบะหมี่ปริมาณ 10 กรัม ในถ้วยชิม ใส่น้ำซุปที่เตรียมจากน้ำก๋วยเตี๋ยวสำเร็จรูป ยี่ห้อฟ้าไทย ให้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วทั้ง 30 คน

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและทางกายภาพถูกรายงานผลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การออกแบบการทดลองใช้แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (วิลาวัลย์ และคณะ, 2566) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมปทุมทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บะหมี่

การศึกษาการทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุม โดยทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมปทุมทั้งหมด 6 ระดับ คือ 0% 10% 15% 20% 25% และ 30% ของปริมาณน้ำหนักทั้งหมดในสูตร การประเมินทางประสาทสัมผัสระบุว่าเส้นบะหมี่ที่มีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมปทุมในสัดส่วน 25% และ 30% ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสข้าวกล้องหอมปทุม รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมของผู้บริโภคมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วงระดับความชอบปานกลางถึงสูง ตามแบบทดสอบ 9-Point Hedonic Scale ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสสรุปไว้ใน Table 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมปทุมสูงขึ้น ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์บะหมี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุม 30% นำไปศึกษาและวิเคราะห์ผลต่อไป เนื่องจากเป็นสูตรที่มีปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุมได้มากที่สุด ดังแสดงใน Fig. 1

Table 2 Sensory evaluation of noodle products substituted wheat flour with Pathum Thani fragrant brown rice flour.

Quality	The amount of Pathum Thani fragrant brown rice flour					
	0%	10%	15%	20%	25%	30%
Appearance	8.17±0.83^{a}	6.37±1.29^{c}	6.83±1.39^{c}	7.40±1.13^{b}	7.87±0.62^{ab}	8.00±0.74^{a}
Color^{ns}	7.77±0.77	7.73±1.11	7.70±1.08	7.60±1.19	7.53±1.25	7.47±1.35
Odor	6.47±0.86^{b}	6.70 ±0.91^{ab}	6.77 ±0.89^{ab}	6.93 ±1.08^{ab}	7.07 ±0.94^{a}	7.19 ±0.97^{a}
Taste	6.30±1.36^{b}	6.43±1.35^{ab}	6..47±1.35^{ab}	6.87 ±1.16^{ab}	7.07 ±1.28^{a}	7.17 ±1.46^{a}
Softness	5.97±1.82^{b}	6.03±1.32^{b}	6.37±1.03^{b}	6.57 ±1.22^{b}	7.33 ±0.95^{a}	7.60 ±1.24^{a}
Overall liking	6.30±1.44^{d}	6.57±1.19^{cd}	7.07±1.11^{bc}	7.67 ±0.84^{ab}	7.77 ±1.65^{a}	8.00 ±1.33^{a}

Remark: * Means±*SD* in the same row followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

* ns indicates not significant ($p>0.05$)



(a) 0% (b) 10% (c) 15% (d) 20% (e) 25% (f) 30%

Fig. 1 The appearance of noodle products substituted wheat flour with Pathum Thani fragrant brown rice flour.

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุม

ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุมด้วยการวัดค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องมาจากสูตรมาตรฐานที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลักมีลักษณะเป็นผงสีขาว ในขณะที่แป้งข้าวกล้องหอมปทุมมีลักษณะเป็นผงสีขาวนวล เมื่อนำมาผลิตเส้นบะหมี่ที่มีการเติมไข่ไก่ซึ่งมีสีเหลืองเข้าไปจึงส่งผลให้สีของเส้นบะหมี่ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องหอมปทุมจึงมีสีที่เข้มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมปทุมในผลิตภัณฑ์บะหมี่ โดยเปรียบเทียบกับเส้นบะหมี่สูตรมาตรฐานที่ไม่มีการผสมแป้งข้าวกล้องหอมปทุม แต่อย่างไรก็ตามค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ได้ส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค จะเห็นได้จากคะแนนการยอมรับด้านสีไม่แตกต่างกันทั้ง 6 ระดับ ซึ่งมีคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ตามแบบทดสอบ 9-Point Hedonic Scale และค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเหนียว (Gumminess) ค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมปทุมในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ แสดงใน Table 3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Supatchalee และคณะ (2015) โดยงานวิจัยนี้ได้รายงานว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีความแข็งที่มากกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งสาลี อาจเป็นเพราะแป้งข้าวเป็นแป้งที่ไม่มีกลูเตน เมื่อผสมลงไปในการผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจึงทำให้กลูเตนในแป้งสาลีเจือจางลง รวมทั้งขัดขวางและทำลายโครงสร้างโดยรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยว จึงส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแข็งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และค่าการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เพียรพรรณ (เพียรพรรณ, 2563) โดยศึกษาการทดแทนแป้ง

ข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง แม้ว่าค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมปทุมในปริมาณที่สูงขึ้น แต่ไม่ได้ส่งผลกระทบเชิงลบต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งบ่งชี้ว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มชอบเนื้อสัมผัสที่แน่นขึ้น

Table 3 The Physical Quality of Noodle Products Substituted with Pathum Thani Fragrant Brown Rice Flour.

Physical properties	The amount of Pathum Thani fragrant brown rice flour					
	0	10%	15%	20%	25%	30%
Color values						
*L**	57.68±0.03^{d}	56.07±0.06^{f}	57.13±0.15^{e}	57.89±0.01^{c}	60.34±0.14^{b}	61.66±0.10^{a}
*a**	3.72±0.00^{a}	2.02±0.00^{e}	3.00±0.00^{d}	2.97±0.01^{d}	3.25±0.50^{c}	3.39±0.03^{b}
*b**	22.38±0.02^{a}	19.22±0.01^{f}	20.14±0.01^{e}	20.63±0.01^{d}	21.11±0.12^{c}	21.91±0.11^{b}
Texture						
Hardness (N)	59.48±3.43^{a}	38.01±3.33^{d}	42.55±5.06^{cd}	48.79±5.58^{bc}	48.96±3.37^{bc}	51.87±4.11^{b}
Springiness ^{ns}	0.16±0.01	0.15±0.00	0.16±0.01	0.14±0.03	0.14±0.02	0.17±0.02
Cohesiveness ^{ns}	0.15±0.00	0.15±0.00	0.15±0.00	0.13±0.02	0.15±0.02	0.15±0.00
Gumminess (g)	917.89±50.24^{a}	593.49±65.72^{d}	665.44±38.27^{cd}	690.11±3.06^{cd}	760.53±72.20^{bc}	847.88±110.86^{a} ^{b}
Chewiness (g)	148.02±7.26^{a}	91.46±13.97^{b}	108.09±3.18^{b}	100.52±39.32^{ab}	111.64±27.89^{ab}	145.35±9.66^{a}
Firmness (g)	296.71±5.32^{a}	232.98 ±9.42^{c}	220.44 ±6.45^{c}	212.02 ±14.84^{bc}	214.96±5.26^{bc}	228.72±7.44^{b}

Remark: * Means±SD in the same row followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).
^{ns} indicates not significant ($p > 0.05$).

สรุป

การศึกษานี้พบว่าเส้นบะหมี่ที่มีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมปทุมในสัดส่วนร้อยละ 30 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในระดับสูงสุด คะแนนความชอบโดยรวมบ่งชี้ถึงระดับการยอมรับตั้งแต่ปานกลางถึงสูง โดยมีค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระดับการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมปทุมสูงขึ้นและค่าลักษณะเนื้อสัมผัส มีค่ามากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามค่าสีและค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ได้ส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ดังนั้น การใช้แป้งข้าวกล้องหอมปทุมทดแทนแป้งสาลีจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพของเส้นบะหมี่เพื่อเป็นอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ และการผลิตเส้นบะหมี่ในเชิงพาณิชย์ และควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับความคงตัวในการเก็บรักษาความพึงพอใจของผู้บริโภคในกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้น และการปรับปรุงสูตรให้เหมาะสมกับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา หมวดเอียด. 2018. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนอบแห้งจากแป้งข้าวสังข์หยด.วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 12(2): 91-102.

ณัฐวรานาท ใหม่ตีบ, สรรเพชญ บันลือวงศ์, อรชุมา หนูน้อย, เนตรชนก ชุมชุย. 2566. การใช้แป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บะหมี่ไข่. ใน: รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชินูปถัมภ์ ครั้งที่ 17. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. จังหวัดปทุมธานี, หน้า 78–85

ฐานิศร กนกเลิศฤทธิ์. 2565. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่เสริมแป้งกล้วย.วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 54.

ธรัญญา เมืองงาม, เจษฎา ประมาลสุข. 2562. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่เสริมปลีกล้วยหอมทอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ธีระพงค์ หมวดศรี. 2562. คู่มือการใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์อาหารทางกายภาพ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

นิภาพร ชนะคช. 2565. แกมมาออริซานอล สาระสำคัญในข้าว. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 65: 26–27.

เพียรพรรณ สุภะโคตร, ศิวพร แซ่เล้า, อรวรรณ ใบศิลา. 2563. การทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง. วารสารเกษตรพระวรุณ 17: 273–287.

วิลาวัลย์ บุณย์ศุภา, กรรณิการ์ ทองดอนเปรียง, ชลธิชา ศรีจันทร์, ธิดาธร แพรทอง, กิตติพัฒน์ อารีเอื้อ. 2566. การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากดอกอัญชันและลาเวนเดอร์. วารสารวิทยาศาสตร์วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2: 27–35.

วิวรณ์ วงศ์อรุณ, ธนากร จันทร์แพง. 2564. ผลของการเสริมงาดำต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบะหมี่สด. วารสารวิจัยรำไพพรรณี 15: 145–153.

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. มปป. บะหมี่สด. https://inmu2.mahidol.ac.th/thaifcd/search_food_by_name_result.php?food_id=174&rk=)#,10 ธันวาคม 2567.

สุธีรา เข็มทอง, ภัทราพร ยุธาชิต, จิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี, ลัดดาวรรณ แย้มทองหลาง, กิตติศักดิ์ มุ่งภู่กลาง, บุปผชาติ ต่อบุญสูง. 2564. ผลของการเสริมไข่น้ำผงต่อคุณภาพของบะหมี่สด. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ 2: 183–200.

Dahal, A., Sadiq, M.B., Anal, A.K. 2021. Improvement of quality of corn and proso millet-based gluten-free noodles with the application of hydrocolloids. J. Food Process. Preserv. 45(2).

Jirukkakul, N. 2021. Improvement of physical properties and phenolic compounds of egg noodles by banana pulp and peel flour fortification. Food Res. 5(4): 14–20.

Supatchalee, S., Juthamat, P., Anuntachai, K. 2015. Effect of partial substitution of wheat flour with Riceberry flour on quality of noodles. Procedia Soc. Behav. Sci. 197: 1006–1012.

สาขาพืช

(Subject: Plants)

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

การจัดการปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการผลิตทุเรียนอินทรีย์จังหวัดจันทบุรี

Organic fertilizer management for organic durian production in Chanthaburi

เครือวัลย์ ดาวงษ์*, วิจิตรา โชคบุญ, นิภาพร เพชรชนะ, หฤทัย แก่นลา, เพ็ญจันทร์ วิจิตร, อรุณี แท่งทอง, อุมาพร รักษาพราหมน์

Krueawan Davong*, Vijittra Chokboon, Nipaporn Petchana, Haruthai Kaenla, Phenchan Whijitara, Arunee Thaengthong, Umaporn Raksaparm

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร จันทบุรี 22110

Office of Agricultural Research and Development Region 6, Department of Agriculture, Chanthaburi 22110, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: saoaggie57@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการปุ๋ยและการจัดการสวน เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตทุเรียนอินทรีย์ โดยคัดเลือกแปลงทุเรียนอินทรีย์ระยะให้ผลผลิต ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี จำนวน 4 แปลง วิเคราะห์ดินและใบก่อนการทดสอบ พิจารณาร่วมกับปัญหาการผลิตทุเรียนอินทรีย์แต่ละแปลง คัดเลือกวิธีแนะนำที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงานของเกษตรกร ดำเนินการทดสอบ ปี 2022–2024 เปรียบเทียบกับวิธีเกษตรกร ผลการศึกษาการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า การเพิ่มธาตุอาหารในดินด้วยปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบ มูลค้างคาว ปุ๋ยอินทรีย์เอกซน โดโลไมท์ ใส่ตามระยะการพัฒนาของทุเรียน สามารถเพิ่มความเป็นกรด-ด่างในดิน เพิ่มอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และแคลเซียมใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมได้ แต่ปริมาณโพแทสเซียมและแมกนีเซียมยังต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม ผลการศึกษาการจัดการสวน พบว่าการเตรียมความสมบูรณ์ของต้นระยะก่อนออกดอก ได้แก่ การเพิ่มธาตุอาหารในดิน การตัดแต่งกิ่ง และการราดด้วยฮอร์โมนไข่ไก่ ในระยะก่อนออกดอกถึงระยะการพัฒนาของผล และเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม วิธีดังกล่าวช่วยเพิ่มผลผลิตได้ทั้ง 2 ปีที่ทำการทดลอง โดยปี ค.ศ. 2023 มีผลผลิตเพิ่มมากกว่าวิธีเกษตรกร 60.68–100 % และ ปี ค.ศ. 2024 มีผลผลิตเพิ่มมากกว่าวิธีเกษตรกร 10.00–100 %

คำสำคัญ: การตัดแต่งกิ่ง, ทุเรียน, ปุ๋ย, ผลผลิต, อินทรีย์

Abstract

The objective of this research was to study fertilizer management and orchard management to increase organic durian productivity. Four orchards of organic durian in a productive period were conducted. Nutrients from soil and leaves should be analyzed before testing, considering the problems of organic durian production in each plot. The appropriate technology for farmers' operations was selected and compared with the durian grower's technology from 2023–2024. The results of the study on organic fertilizer management found that adding nutrients to the soil with chicken manure and rice husk compost, bat manure, commercial organic compost and dolomite which applied according to the durian's development stage. That could increase the soil pH, organic matter, phosphorus, and calcium to the optimal range. However, the potassium and magnesium were lower than the optimal range. The study's results found that preparing the plants before the flowering stage includes increasing nutrients in the soil, pruning, and applying egg hormones in the pre-flowering and fruit development stages. When the appropriate environment for the flowering period, the recommended technology can increase production more than the durian grower's technology in 2023 and 2024 by 60.68–100 % and 10.00–100 %, respectively.

Keywords: Durian, Fertilizer, Organic, Pruning, Yield

คำนำ

ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกสินค้าเกษตรอินทรีย์ในปี พ.ศ.2565 เพิ่มขึ้นร้อยละ 19.60 คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 2,248 ล้านบาท และหนึ่งในสินค้าเกษตรอินทรีย์ที่ประเทศต่างๆ นิยมนำเข้าจากไทยคือ ทุเรียนอินทรีย์ ในปี พ.ศ. 2565 มีมูลค่าส่งออกกว่า 890 ล้านบาท (กองนโยบายและยุทธศาสตร์การค้าสินค้าเกษตร, 2566) จังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่ได้รับการรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์จำนวน 1,275 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.10 ของพื้นที่รับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์ทั้งประเทศ (9,041 ไร่) มีพื้นที่ได้รับรองแหล่งผลิตทุเรียนอินทรีย์ จำนวน 54 ราย 325 ไร่ ปัจจุบันการผลิตทุเรียนอินทรีย์ไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด ปัญหาของผู้ผลิตทุเรียนอินทรีย์ พบการใส่ปุ๋ยชนิดเดิมซ้ำเป็นระยะเวลานาน ไม่มีการวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของดิน ไม่ได้เตรียมความพร้อมของต้นเพื่อการออกดอก เช่น การตัดแต่งกิ่งเพื่อให้แตกกิ่งที่สมบูรณ์ออกมาใหม่ สภาพต้นพร้อมออกดอกในฤดูกาลใหม่ และการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการออกดอก เป็นต้น เกษตรกรผู้ผลิตทุเรียนยังต้องการองค์ความรู้ด้านปัจจัยการผลิตอินทรีย์ โดยเฉพาะชนิดปุ๋ยอินทรีย์และระยะการใส่ปุ๋ยเพื่อส่งเสริมการพัฒนาการออกดอกและติดผล และการเตรียมความพร้อมของต้น ทั้งนี้การออกดอกของทุเรียนต้องพิจารณาถึงสมดุลของพลังงานควบคู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อม และสมดุลของฮอร์โมนพืชร่วมกับสภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อม เพื่อชักทำให้เกิดการสร้างตาดอก (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2567) หฤทัย (2564) ศึกษาต้นแบบเทคโนโลยีการผลิตมังคุด เงาะ และลองกองอินทรีย์ พบการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิต ได้แก่ 1)ระยะหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตควรใส่ปุ๋ยหมักและฉีดพ่นน้ำปลาหมัก น้ำหมักจากผลไม้ ร่วมกับฮอร์โมนไข่ 2) ระยะก่อนออกดอก ใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ หรือน้ำหมักปุ๋ยมูลค้างคาว และ 3) ระยะติดผลใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับให้น้ำหมักปุ๋ยมูลสัตว์ที่จัดหาสะดวกในพื้นที่ กรมวิชาการเกษตรได้พัฒนาระบบการผลิตปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศ สามารถผลิตปุ๋ยหมักครั้งละ 30 ตัน หมัก 30 วันต่อครั้ง โดยมีช่องเป่าอากาศด้านล่างกึ่งกลางของหมัก เปิดปิดด้วยนาฬิกาอัตโนมัติ หมักปุ๋ยได้คุณภาพสูง (สมปอง และคณะ, 2555) มีการขยายผลการผลิตปุ๋ยหมักเติมอากาศในพื้นที่ภาคตะวันออก มีโรงผลิตปุ๋ยหมักเติมอากาศชุมชนในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี 11 แห่ง จากความพร้อมด้านองค์ความรู้การผลิตทุเรียน การผลิตไม้ผลอินทรีย์และขยายการผลิตปุ๋ยหมักในโรงปุ๋ยแบบเติมอากาศ ประกอบกับความต้องการของตลาดทุเรียนอินทรีย์ จึงเป็นที่มาของการนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตร มาประยุกต์ร่วมกับเกษตรอินทรีย์วิถีพื้นบ้าน มาทดสอบการจัดการผลิตทุเรียนอินทรีย์ ที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการปุ๋ยและการจัดการสวน เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตทุเรียนอินทรีย์ จังหวัดจันทบุรี

อุปกรณ์และวิธีการ

1. คัดเลือกแปลงทุเรียนที่ได้รับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หรือที่ดำเนินการผลิตพืชอินทรีย์ ตาม มกษ. 9000–2564 เป็นทุเรียนระยะเจริญเติบโตพร้อมให้ผลผลิต ปลูกเชิงเดี่ยวไม่ผสมผสาน ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี จำนวน 4 แปลง เริ่มดำเนินการปี ค.ศ. 2022 สุ่มวิเคราะห์ดินและใบก่อนการทดสอบ วิเคราะห์ปัญหาการผลิตทุเรียนอินทรีย์แต่ละแปลง พิจารณาร่วมกับผลวิเคราะห์ดินและใบทุเรียน เพื่อคัดเลือกเทคโนโลยีแนะนำที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงานของเกษตรกร

2. ปี ค.ศ. 2023–2024 ดำเนินการทดสอบ 2 กรรมวิธี เทคโนโลยีแนะนำและเทคโนโลยีเกษตรกร คัดเลือกต้นทุเรียนเพื่อปฏิบัติตามกรรมวิธี จำนวน 15 ต้นต่อวิธี บันทึกข้อมูลการปฏิบัติงาน การใช้ปัจจัยการผลิต ผลวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ปริมาณผลผลิต ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม นำข้อมูลผลผลิตมาวิเคราะห์สถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS V.19 และวิเคราะห์ผลต่างของผลผลิต (Yield Gap Analysis)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การปฏิบัติงานและผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินและใบก่อนการทดลอง

คัดเลือกแปลงทุเรียนที่ดำเนินการผลิตตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พื้นที่จังหวัดจันทบุรี ดังนี้ (1) บ้านไร่จามจุรีออร์แกนิคฟาร์ม ม.2 ต.วังแซ้ม อ.มะขาม ปลูกพืชอินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ ผัก เห็ด และไม้ผล จัดแบ่งพื้นที่ปลูกผักและไม้ผลเป็นสัดส่วน แปลงทุเรียนปลูกเชิงเดี่ยว อายุ 8–9 ปี พันธุ์หมอนทอง ใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบจากระบบเติมอากาศ และปุ๋ยอินทรีย์เอกชนที่ขึ้นทะเบียนกับกรมวิชาการเกษตร ใช้ชีวภัณฑ์สำเร็จรูป ปฏิบัติดูแลต้นทุเรียนไม่แตกต่างจากไม้ผลอื่นๆ ในสวน ปัญหาการผลิต พบทุเรียนออกดอก แต่ไม่ติดผลผลิต ปริมาณผลผลิตน้อย (2) สวนเชยชม ม.8 ต.ท่าหลวง อ.มะขาม เลือกแปลงทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ปลูกเชิงเดี่ยวไม่ยกร่อง ใช้ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบในระบบเติมอากาศร่วมกับการใช้น้ำหมักมูลไก่ที่ผลิตใช้เองในสวนเป็นหลัก ร่วมกับการใส่ปูนโดโลไมท์ทุกปี การป้องกันกำจัดศัตรูพืชใช้น้ำหมักหางไหล น้ำสบู่อ่อน ผลิตน้ำหมักชีวภาพ ผลิตขยายจุลินทรีย์ใช้เอง ปี ค.ศ. 2021 พบปัญหาน้ำท่วมขังแปลงร่วมกับลมแรง ใบทุรียนหลุดร่วง ทรุดโทรม ส่งผลให้ปี ค.ศ. 2022 ไม่มีผลผลิต (3) สวนสมพร ม.2 ต.ปัฐวี อ.มะขาม ปลูกทุเรียนเชิงเดี่ยวแบบยกร่อง พันธุ์หมอนทอง อายุ 8 ปี ใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่ในระบบเติมอากาศในระยะหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตเดือนละ 1 ครั้ง จำนวน 3–4 ครั้ง เพื่อสร้างใบใหม่และสะสมความสมบูรณ์ของต้นเตรียมความพร้อมการออกดอก ฉีดพ่นน้ำหมักฮอร์โมนไข่ทุก 7 วัน ในช่วงทุเรียนติดดอกและออกผล ฉีดพ่นน้ำหมักปลีกล้วยเพื่อเป็นฮอร์โมนลดการหลุดร่วงของขั้วผล ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เอกชน ในระยะการพัฒนาของผล และใส่ปูนโดโลไมท์หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต การป้องกันกำจัดศัตรูพืชใช้น้ำสบู่อ่อน น้ำหมักสะเดา ยาฉุน น้ำส้มควันไม้ น้ำหมักเปลือกมังคุด ใช้ชีวภัณฑ์สำเร็จรูป ปี ค.ศ. 2022 พบปัญหาใส่ปุ๋ยหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ทันตามกำหนด เตรียมต้นไม่สมบูรณ์และออกดอกในปริมาณน้อย (4) แปลงทดลองงานวิชาการเกษตรยางตอกทอย ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนตามพระราชดำริ ภายใต้การดูแลของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ที่อยู่ ม.8 ต.รำพัน อ.ท่าใหม่ ปลูกทุเรียนเชิงเดี่ยวแบบยกร่อง พันธุ์หมอนทอง อายุ 7 ปี ใช้ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบในระบบเติมอากาศใส่ทุก 1 เดือน และปล่อยน้ำหมักมูลไก่แกลบทางระบบน้ำทุก 15 วัน การจัดการศัตรูพืช ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาฉีดพ่นรอบทรงพุ่ม และน้ำส้มควันไม้ฉีดพ่นทางใบเพื่อไล่แมลงศัตรูพืชเมื่อทุเรียนแตกใบอ่อน เริ่มให้ออกดอกปี ค.ศ. 2022 แต่ดอกร่วงไม่มีผลผลิต ไม่เคยตัดแต่งกิ่งและไม่มีการจัดการสวนระยะเตรียมต้นก่อนออกดอก

ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง โดยเก็บดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตปี ค.ศ.2022 พบว่าดินมีค่า pH อยู่ในช่วง 5.27–6.06 มีค่าเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดปานกลาง ทุกแปลงมีปริมาณอินทรียวัตุต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.8–242.0 มก./กก. มี 3 แปลงมีปริมาณต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 9.9–111.0 มก./กก. มี 3 แปลงมีปริมาณต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม แคลเซียม 81.0–1,746.0 มก./กก. มี 2 แปลง ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม และแมกนีเซียม 31.0–551.0 มี 2 แปลง ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (Table1) พบแปลงที่ 1 และ 4 มีผลวิเคราะห์ทุกค่าต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม สำหรับการวิเคราะห์ใบทุเรียน จากทั้ง 4 แปลง โดยเก็บจากตำแหน่งใบที่ 2–3 หลังแตกใบใหม่ 45–60 วัน จากกิ่งที่สูงระดับกลางของทรงพุ่ม พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจน 1.39–1.74% โดยทุกแปลงมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐาน N 2.0–2.4%) โดยควรเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 0.22–0.31% โพแทสเซียม 1.57–2.61% แคลเซียม 2.35–3.03% แมกนีเซียม 0.79–1.11% ปริมาณธาตุอาหารในใบของทั้ง 4 ธาตุ มีค่าไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของทุเรียน (ค่ามาตรฐาน P K Ca Mg เท่ากับ 0.15–0.25, 1.5-2.5, 1.7–2.5 และ 0.25–0.50% ตามลำดับ) พิจารณาค่ามาตรฐานตาม สุมิตรา และคณะ (2544) และ สถาบันวิจัยพืชสวน (2567) เกษตรกรทั้ง 4 แปลง ใช้ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบในระบบเติมอากาศเป็นปุ๋ย

หลัก เนื่องจากมีโรงปุ๋ยหมักระบบเติมอากาศกระจายทั่วจังหวัดจันทบุรี และใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ขึ้นทะเบียนกับกรมวิชาการเกษตรของบริษัทเอกชน ทั้ง 4 แปลงมีผลผลิตน้อย บางแปลงไม่เคยตัดแต่งกิ่งและไม่มีการเตรียมต้นเพื่อสะสมอาหาร ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินพบส่วนใหญ่ยังมีปริมาณธาตุอาหารทุกชนิดที่วิเคราะห์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ควรปรับปรุงดินเพิ่มปริมาณธาตุอาหารและฮอร์โมน และจัดการเขตกรรมเพื่อเตรียมต้นสะสมอาหารก่อนออกดอก จึงสรุปเทคโนโลยีแนะนำเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเกษตรกร ดังนี้

เทคโนโลยีแนะนำ แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะบำรุงต้นหลังเก็บเกี่ยว (มิ.ย.–ก.ย.) ตัดแต่งกิ่งขนาดเล็ก กิ่งแห้ง จากโรคและแมลง ใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบระบบเติมอากาศ อัตรา 20 กก./ต้น 2-3 ครั้ง ปูนโดโลไมท์ อัตรา 1–2 กก./ต้น 1 ครั้ง มูลค้างคาว อัตรา 5 กก./ต้น 2 ครั้ง ราดทรงพุ่มทางระบบน้ำด้วยน้ำหมักมูลไก่แกลบจากระบบเติมอากาศ อัตรา 200–400 มล./20 ล. เดือนละ 1 ครั้ง ระยะก่อนออกดอกถึงติดผล (ต.ค.–ธ.ค.) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบ อัตรา 20 กก./ต้น 1 ครั้ง มูลค้างคาว อัตรา 5 กก./ต้น 1 ครั้ง ราดทรงพุ่มด้วยฮอร์โมนไข่ อัตรา 50 มล./20 ล. 2 ครั้ง ตัดแต่งดอกและผลอ่อนตามเทคโนโลยีการผลิตทุเรียน (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2567) ระยะการพัฒนาของผล (ม.ค.–พ.ค.) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบ อัตรา 20 กก./ต้น 1–2 ครั้ง มูลค้างคาว อัตรา 5 กก./ต้น 1 ครั้ง ปุ๋ยหมักรวมของเอกชน อัตรา 5–10 กก./ต้น 1–2 ครั้ง ราดทรงพุ่มด้วยฮอร์โมนไข่ อัตรา 50 มล./20 ล. 2 ครั้ง ปริมาณและจำนวนครั้งที่ใส่ปุ๋ย พิจารณาตามขนาดทรงพุ่มและปริมาณผลผลิต ค้ำโยงและตัดแต่งผลผลิตตามเทคโนโลยีการผลิตทุเรียน (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2567) ทั้งนี้ ได้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใช้ในเทคโนโลยีแนะนำ ได้แก่ ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบ N (1.5%) P (3.0%) K (2.2%) OM (58.4%) Ca (2.7%) Mg (0.7%) ปุ๋ยหมักรวมของเอกชน ที่มีส่วนผสมของมูลไก่ มูลค้างคาว มูลวัว แกลบดำ รำข้าว ขี้เถ้าแกลบ ฮิวมิค กระดูกป่นและเชื้อราไตรโคเดอร์มา N (1.2%) P (1.9%) K (2.5%) OM (24.2%) Ca (2.1%) Mg (0.4%) และปุ๋ยมูลค้างคาว 100% ชนิดผง N (1.6%) P (3.0%) K (1.5%) OM (31.9%) Ca (4.3%) Mg (0.5%)

เทคโนโลยีเกษตรกร แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะบำรุงต้นหลังเก็บเกี่ยว (มิ.ย.–ก.ย.) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบระบบเติมอากาศ 20 กก./ต้น 2–3 ครั้ง ราดทรงพุ่มทางระบบน้ำด้วยน้ำหมักมูลไก่แกลบจากระบบเติมอากาศ 200–400 มล./20 ล. เดือนละ 1 ครั้ง ระยะก่อนออกดอกถึงติดผล (ต.ค.–ธ.ค.) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบ 20 กก./ต้น 1 ครั้ง หรือปุ๋ยอินทรีย์เอกชน 10 กก./ต้น 1–2 ครั้ง ระยะการพัฒนาของผล (ม.ค.–พ.ค.) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบ 20 กก./ต้น 1–2 ครั้ง ปุ๋ยอินทรีย์เอกชน 5–10 กก./ต้น 1–2 ครั้ง ตัดแต่งผลผลิตตามเทคโนโลยีการผลิตทุเรียน

Table 1 Soil analysis before testing at 2022

No	Farms	pH	OM (%)	Avai. P (mg/kg)	Exc. K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
1	Baan Rai Chamjuri Organic Farm	5.27	1.4	3.0	29.0	81.0	54.0
2	Choeichom Farm	5.90	1.9	242.0	111.0	1,746.0	332.0
3	Somporn Farm	6.06	0.9	0.8	15.0	1,483.0	551.0
4	Yang Tok Toy Farm	5.39	0.7	6.9	9.9	264.0	31.0
	Optimal Range [1]	5.5–6.5	2.0–3.0	35–60	100–120	800–1,500	250–450

[1] Horticultural Research Institute (2024)

ปริมาณธาตุอาหารในดินหลังการทดลอง

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ปี 2023–2024 พบว่า แปลงที่ 1 ก่อนการทดลองพบปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำทุกค่า (Table 1) การใส่ปุ๋ยตามเทคโนโลยีแนะนำ สามารถเพิ่มความเป็นกรด-ด่างในดิน โดยปี

ค.ศ. 2024 มีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสม (7.02) อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าที่เหมาะสม (176.18–492.75 mg/kg) และค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นและปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้น มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสม ปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น แต่ยังต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (99.62–110.29 mg/kg) (Figs 1A–1C) ซึ่งเทคโนโลยีเกษตรกร ได้ผลการทดลองสอดคล้องกับเทคโนโลยีแนะนำ เกษตรกรใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบและปุ๋ยอินทรีย์เอกชน ที่มีส่วนผสมของมูลไก่ไข่ มูลเป็ดและเกาลีน ผลวิเคราะห์ปุ๋ยพบ N (0.7%) P (2.5%) K (2.0%) OM (19.4%) Ca (5.4%) Mg (2.5%) แปลงที่ 2 ก่อนการทดลองพบปริมาณธาตุอาหารในดินใกล้เคียงค่าที่เหมาะสม (Table 1) เกษตรกรมีการปรับปรุงดินมาต่อเนื่องด้วยปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบและปูนโดโลไมท์ การใส่ปุ๋ยตามเทคโนโลยีแนะนำเพิ่มการใส่ปุ๋ยมูลค้างคาวและปุ๋ยหมักเอกชน พบหลังการทดลองทั้ง 2 ปี มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร และพบปริมาณแมกนีเซียมยังต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (184.56–291.15 mg/kg) ทั้งนี้มีข้อสังเกตปริมาณโพแทสเซียมทั้ง 2 วิธี ในปี ค.ศ. 2024 เพิ่มขึ้นสูงกว่าทุกแปลง (160.47–173.79 mg/kg) (Figs. 1D–1F) เนื่องจากเกษตรกรเปลี่ยนสูตรการหมักมูลไก่แกลบ โดยมีส่วนผสมของ มูลไก่แกลบ 1 ส่วน ผสมเปลือกทุเรียน 3 ส่วน ผลวิเคราะห์ปุ๋ยพบ N (0.9%) P (1.8%) K (5.0%) OM (30.6%) Ca (1.6%) Mg (0.6%) ซึ่งพบปริมาณโพแทสเซียมมากกว่าปุ๋ยหมักชนิดอื่น แปลงที่ 3 ก่อนการทดลองพบดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในช่วงที่เหมาะสม แต่ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (Table 1) การใส่ปุ๋ยตามเทคโนโลยีแนะนำ สามารถเพิ่มความเป็นกรด-ด่างและอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นในปริมาณใกล้เคียงค่าที่เหมาะสม ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าที่เหมาะสม โดยมีค่าสูงกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร แต่ทั้ง 2 วิธี ยังต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (41.40–72.40 mg/kg) ปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าที่เหมาะสม โดยมีค่าสูงกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร ทั้ง 2 วิธีมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าค่าที่เหมาะสม (2,027.45–2,720.14 mg/kg) ปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มสูงขึ้นใกล้เคียงค่าที่เหมาะสม โดยมีค่าต่ำกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร (Figs. 1G–1I) แปลงที่ 4 ก่อนการทดลองพบปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำทุกค่า (Table 1) การใส่ปุ๋ยตามเทคโนโลยีแนะนำ พบความเป็นกรด-ด่างของดินไม่ต่างจากก่อนการทดลอง และมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น โดยผลของทั้ง 2 ค่า ไม่แตกต่างจากเทคโนโลยีเกษตรกร ค่าฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าที่เหมาะสม (127.36–211.77 mg/kg) และในปี ค.ศ. 2024 พบเทคโนโลยีเกษตรกรมีค่าสูงกว่าเทคโนโลยีแนะนำ (477.37 mg/kg) ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น แต่ทั้ง 2 วิธี ยังต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (20.78–65.25 mg/kg) ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มสูงขึ้น แต่ยังต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (Figs. 1J–1L) แปลงนี้เกษตรกรใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบเป็นหลัก ผลการทดลองพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินได้ไม่น้อยกว่าการใส่ปุ๋ยหมักเอกชนที่มีส่วนผสมของ มูลไก่ มูลค้างคาว มูลวัว แกลบดำ รำข้าว ขี้เถ้าแกลบ ฮิวมิค กระดูกป่นและเชื้อราไตรโคเดอร์มา

สรุปผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ปี 2023–2024 พบว่าการใส่ปุ๋ยตามเทคโนโลยีแนะนำและเทคโนโลยีเกษตรกร สามารถเพิ่มความเป็นกรด-ด่างของดิน เพิ่มอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมได้ แต่ควรพิจารณาค่าฟอสฟอรัสและแคลเซียมที่มีโอกาสเกินค่ามาตรฐาน และพิจารณาเพิ่มการใส่ปุ๋ย สารปรับปรุงดิน หรือน้ำหมักชีวภาพ ที่เพิ่มค่าโพแทสเซียมและแมกนีเซียม เนื่องจากจากการใส่ปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบ มูลค้างคาว ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์เอกชนจากทั้ง 2 วิธี มีค่าโพแทสเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น แต่ยังต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

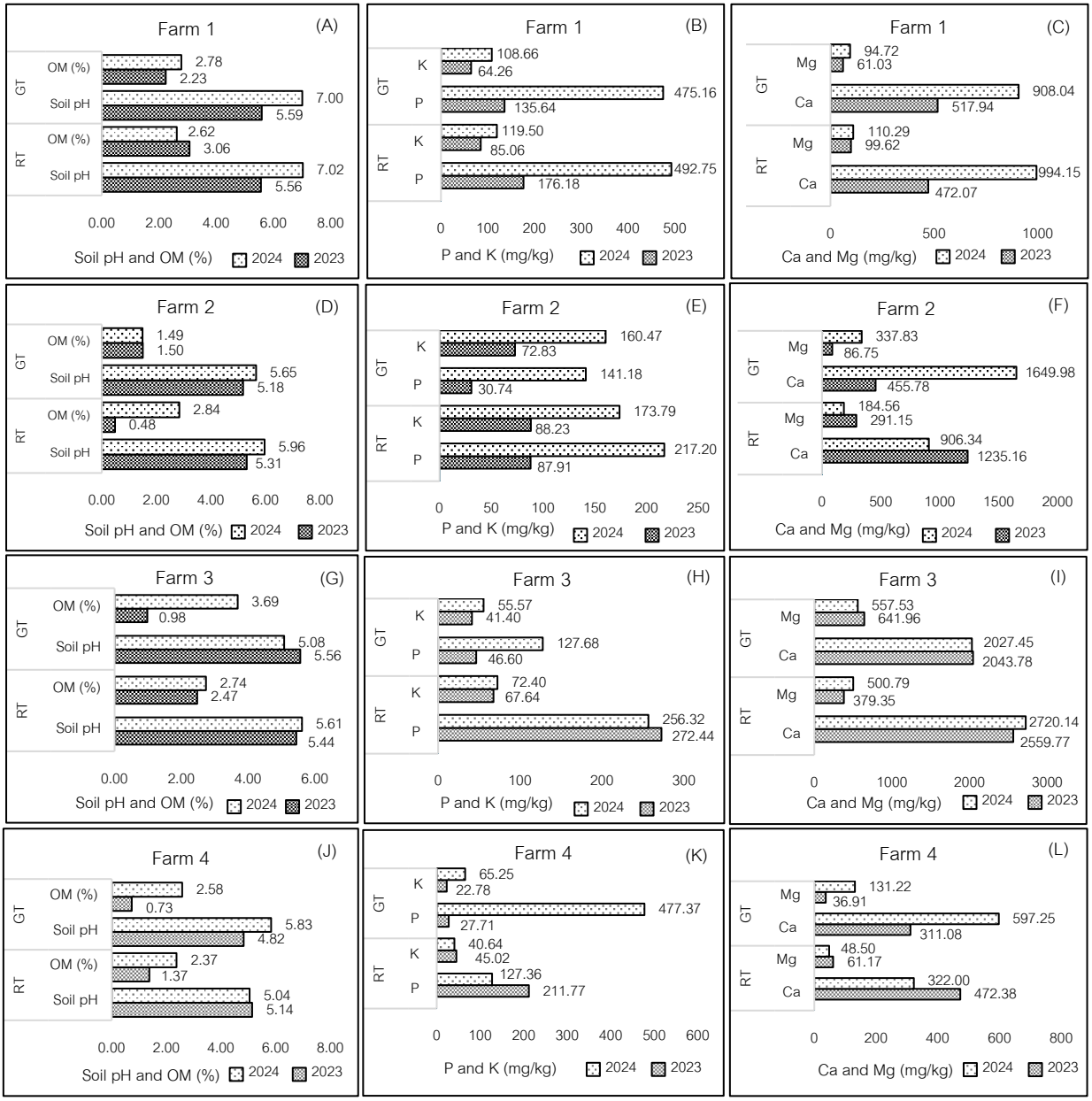


Fig. 1 Comparison of soil properties (soil pH organic matter P K Ca and Mg) with recommended technology (RT) and durian grower's technology (GT) between 2023–2024 of 4 organic durian orchards, Baan Rai Chamjuri organic farm (A–C); Choeichom farm (D–F); Somporn farm (G–I); Yang Tok Toy farm (J–L)

ปริมาณผลผลิตหลังการทดลอง

เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การติดผลผลิตและปริมาณผลผลิต ภายหลังการปรับปรุงดินและจัดการสวนเพื่อเตรียมพร้อมทุเรียนออกดอก แปลงที่ 1 ผลวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองต่ำกว่าค่ามาตรฐานทุกค่า ความสมบูรณ์ของต้นทุเรียนปานกลาง เมื่อปฏิบัติตามเทคโนโลยีแนะนำ เพิ่มการใส่ปุ๋ยและเตรียมต้นก่อนออกดอก พบทั้ง 2 ปี มีเปอร์เซ็นต์การติดผลผลิตและปริมาณผลผลิตมากกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร โดยมีปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมากว่า 100% แปลงที่ 2 ผลวิเคราะห์ดินใกล้เคียงค่ามาตรฐาน โดยมีค่าฟอสฟอรัสสูงกว่าค่ามาตรฐาน ความสมบูรณ์ของต้นทุเรียนปานกลาง สภาพต้นพึ่งฟื้นฟูจากน้ำท่วมขังแปลงและลมแรงเมื่อปี ค.ศ. 2021 เกษตรกรมีองค์ความรู้มีการเตรียมต้นก่อนการออกดอก การ

ปฏิบัติตามเทคโนโลยีแนะนำจึงมีความแตกต่างจากเกษตรกรเรื่องการเพิ่มธาตุอาหารในดิน พบทั้ง 2 ปี มีเปอร์เซ็นต์การติดผลผลิตและปริมาณผลผลิตมากกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร และทั้ง 2 วิธี มีผลผลิตเพิ่มขึ้นในปีที่ 2 เทคโนโลนีแนะนำเพิ่มจาก 188 เป็น 217 กก/ไร่ เทคโนโลยีเกษตรเพิ่มจาก 117 เป็น 148 กก./ไร่ แปลงที่ 3 ผลวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในช่วงที่เหมาะสม แต่ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม สภาพต้นทุเรียนค่อนข้างสมบูรณ์ เกษตรกรมีองค์ความรู้มีการเตรียมต้นก่อนการออกดอก การปฏิบัติตามเทคโนโลยีแนะนำจึงมีความแตกต่างจากเกษตรกรเรื่องการเพิ่มธาตุอาหารในดิน พบทั้ง 2 ปี มีเปอร์เซ็นต์การติดผลผลิตและปริมาณผลผลิตมากกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร และทั้ง 2 วิธี มีผลผลิตเพิ่มขึ้นในปีที่ 2 เทคโนโลนีแนะนำเพิ่มจาก 250 เป็น 737 กก/ไร่ เทคโนโลยีเกษตรเพิ่มจาก 154 เป็น 670 กก./ไร่ แปลงที่ 4 ผลวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองต่ำกว่าค่ามาตรฐานทุกค่า แต่สภาพต้นทุเรียนค่อนข้างสมบูรณ์ ไม่เคยตัดแต่งกิ่งมาก่อน เมื่อปฏิบัติตามเทคโนโลยีแนะนำ เพิ่มการใส่ปุ๋ย ตัดแต่งกิ่ง และราดฮอร์โมนไข่เตรียมต้นก่อนออกดอก เปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเกษตรกร ที่แตกต่างกันในส่วนของชนิดปุ๋ย ไม่ราดฮอร์โมนไข่ไก่ แต่มีการแต่งกิ่งตามเทคโนโลยีแนะนำ พบทั้ง 2 ปี มีปริมาณผลผลิตมากกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร (Table 2) การปฏิบัติตามเทคโนโลยีแนะนำ เป็นไปตามหลักการเกิดและพัฒนาการของดอกทุเรียน 3 ประการ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2567) ได้แก่ (1) การเตรียมสภาพต้นให้มีการสะสมพลังงานเพียงพอ ต้องคำนึงความสมบูรณ์ของต้นด้วย ซึ่งวิธีแนะนำ ได้ตัดแต่งกิ่งขนาดเล็ก กิ่งแห้ง กิ่งที่เป็นโรค หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ใส่สารปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักปุ๋ยคอกทันที ทั้งนี้การตัดแต่งกิ่งเพื่อให้แตกกิ่งสมบูรณ์เร็วสภาพต้นจะพร้อมออกดอกในฤดูกาลใหม่ได้เร็ว (2) ความสมดุลของฮอร์โมนพืชเป็นตัวกระตุ้นหรือสั่งการให้การเจริญเติบโตด้านกิ่งก้านสาขาเปลี่ยนสภาพเป็นการเจริญพันธุ์ โดยเทคโนโลยีแนะนำ ได้เพิ่มการราดทรงพุ่มด้วยน้ำหมักฮอร์โมนไข่ ซึ่งเป็นเทคโลยีแนะนำของแปลงต้นแบบการผลิตไม้ผลอินทรีย์ ได้แก่ มังคุด เงาะ และลองกองอินทรีย์ (หฤทัย, 2564) โดยมีรายงานว่าน้ำหมักฮอร์โมนไข่ไก่ นมและถั่ว มีฮอร์โมนออกซิน จิบเบอเรลลิน และยังมีปริมาณไซโตไคนินมากกว่าน้ำหมักจากผัก ผลไม้ ปลาและหอยเชอรี่ (โสพัส, 2559) นอกจากนี้ วนิดา (2554) รายงานผลการศึกษากระบวนการผลิตและประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักต่อการผลิตข้าวของเกษตรกรใน อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา พบว่าการใช้ฮอร์โมนไข่ไก่ระยะข้าวเริ่มตั้งท้อง ทำให้ต้นข้าวแข็งแรง และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (3) สภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อม (ฝนทิ้งช่วง 10–14 วัน อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์) จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช ชักนำให้เกิดการสร้างตาดอก ซึ่งจากผลการทดลองทั้ง 2 ปี เทคโนโลยีแนะนำพบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การติดผลผลิตและปริมาณผลผลิตเพิ่มสูงกว่าเทคโนโลยีเกษตรกร ภายหลังการปรับปรุงดินร่วมกับการเตรียมต้นให้สมบูรณ์พร้อมออกดอก

สรุป

การปรับปรุงดินสวนทุเรียนอินทรีย์ จังหวัดจันทบุรี ที่มีความเป็นกรด-ด่างและปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม พบว่าปุ๋ยหมักมูลไก่แกลบ ปุ๋ยมูลค้างคาว ปูนโดโลไมท์และปุ๋ยอินทรีย์เอกชน สามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตุ ฟอสฟอรัส แคลเซียมและแมกนีเซียม ให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมได้ โดยระวังปริมาณฟอสฟอรัสและแคลเซียมสูงเกินค่ามาตรฐาน กรณีเป็นปุ๋ยอินทรีย์เอกชนควรทราบวัตถุดิบและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ย และควรวิเคราะห์ดินหากใช้ปุ๋ยชนิดเดิมซ้ำต่อเนื่อง นอกจากนี้ควรพิจารณาการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือน้ำหมักชีวภาพที่สามารถเพิ่มปริมาณโพแทสเซียม เนื่องจากปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองยังไม่สามารถเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมให้เพียงพอตามค่าที่เหมาะสม ประเด็นการเพิ่มปริมาณผลผลิตทุเรียนอินทรีย์ควรให้ความสำคัญกับการเตรียมต้นเพื่อสะสมพลังงานก่อนออกดอก โดยเทคโนโลยีแนะนำ ประกอบด้วย การปรับปรุงดินให้สมบูรณ์ตามค่าที่เหมาะสม การตัดแต่งกิ่ง การราดทรงพุ่มด้วยฮอร์โมนไข่ไก่ในระยะก่อนออกดอก ระยะการพัฒนาของดอก

และผล สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดผลผลิต และเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ทั้ง 2 ปี โดยเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเกษตรกรที่ไม่ได้เตรียมความพร้อมก่อนการออกดอกในทุกประเด็น พบผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีเกษตรกร 10–100%

Table 2 Percentage of fruit set, yield and yield gap of recommended technology (RT) and durian grower's technology (GT) at 2023–2024 with 4 farms

Farm	2023						2024					
	Percentage of fruit set		Yield (kg/rai)		Yield Gap	Yield increased	Percentage of fruit set		Yield (kg/rai)		Yield Gap	Yield increased
	RT	GT	RT	GT	(kg/rai)	(%)	RT	GT	RT	GT	(kg/rai)	(%)
1	33.33	13.33	188	9	179	>100	53.33	0.00	172	0	172	>100
2	26.67	13.33	188	117	71	60.68	40.00	33.33	217	148	69	46.62
3	53.33	46.67	250	154	96	62.34	93.33	80.00	737	670	67	10.00
4	93.33	93.33	1,412	831	581	69.92	86.67	60.00	524	108	416	>100
t-test	ns		ns				ns		ns			
p-value	0.226		0.272				0.118		0.254			

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเงินอุดหนุนเพื่อการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ผลิตทุเรียนอินทรีย์ จังหวัดจันทบุรี ที่ร่วมวิจัยภายใต้โครงการนี้ทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

กองนโยบายและยุทธศาสตร์การค้าสินค้าเกษตร. 2566. ส่งออกสินค้าเกษตรไทยยังขยายตัวต่อเนื่อง สนค. แนะภาครัฐผนึกกำลังเสริมแกร่งโลจิสติกส์เกษตร ดันสินค้าเกษตรไทยแข่งในตลาดโลก. Chrom-eextension://oemmndcbldboiebfnladdacbdfmadadm/. https://uploads.tpso.go.th/Press_โลจิสติกส์เกษตร%20Rev1.1.pdf, 19 พฤศจิกายน 2567.

วนิดา สังข์ชื่น. 2554. การศึกษากระบวนการผลิตและประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักต่อการผลิตข้าวของเกษตรกรในอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สมปอง หมื่นแจ้ง ประไพ ทองระอา กัลยกร โปร่งจันทึก และคณะ. 2555. การพัฒนาระบบการผลิตปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศในฟาร์มผลิตพืชอินทรีย์. ใน: กรมวิชาการเกษตร (บรรณาธิการ). ผลงานวิจัยดีเด่นและผลงานวิจัยที่เสนอเข้าร่วมพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2554. กรุงเทพฯ, หน้า 202–203.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2567. การจัดการทุเรียน เพื่อการส่งออกตลอดห่วงโซ่อุปทาน, พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์การันตี. นนทบุรี.

สุมิตรา ภู่วโรดม นุกูล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสยม และจิรพงษ์ ประสิทธิเขตร. 2544. โครงการความต้องการธาตุอาหารและการแนะนำปุ๋ยในทุเรียน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม.หน้า 196.

โสฬส แซ่ลิ้ม. 2559. ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย Organic Fertilizer and Utilization in Thailand. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการอินทรียวัตถุ กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

หฤทัย แก่นลา. 2564 วิจัยและพัฒนาระบบการผลิตไม้ผลอินทรีย์ในพื้นที่ภาคตะวันออก. ใน: รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund) ปีงบประมาณ พ.ศ.2564. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. หน้า 58.

การจัดการแมลงศัตรูฝ้ายเส้นใยสีเขียวสายพันธุ์ก้าวหน้า

Insect pest management on green fiber-promising cotton lines

สมคิด พันธ์ดี*, พยุดา จันทร์เกื้อ, ศิวิไล ลาภบรรจบ

Somkid Pandee*, Payuda Jankuea, Siwilai Labbanjob

ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน นครสวรรค์ 60190

Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Nakhon Sawan 60190, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: somkid.pandee07@gmail.com

บทคัดย่อ

การจัดการแมลงศัตรูฝ้ายในฝ้ายเส้นใยสีเขียวสายพันธุ์ก้าวหน้า มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายให้มีประสิทธิภาพ ปลอดภัยและประหยัด ในฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีศักยภาพ ดำเนินการในปี 2567 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ Split-plot design 4 ซ้ำ โดย Main-plot คือวิธีการป้องกันกำจัด 3 วิธี ได้แก่ 1. พ่นสารฆ่าแมลงสัปดาห์ละ 1 ครั้ง 2.พ่นสารฆ่าแมลงสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เมื่อฝ้ายอายุ 50 วัน จนฝ้ายอายุ 100 วัน จึงหยุดพ่น 3. พ่นสารเมื่อปริมาณแมลงศัตรูถึงระดับเศรษฐกิจ และไม่พ่นสารฆ่าแมลง (กรรมวิธีควบคุม) และ Sub-plot คือพันธุ์ฝ้ายเส้นใยสีเขียว 2 สายพันธุ์/พันธุ์และพันธุ์เปรียบเทียบ 2 พันธุ์ ปลูกฝ้ายในสภาพไร่ ตรวจนับปริมาณแมลงศัตรูฝ้ายสัปดาห์ละ 2 ครั้งตลอดฤดูปลูก รวม 22 ครั้ง พบว่า การพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายสัปดาห์ละ 1 ครั้งและพ่นสารฆ่าแมลงเมื่อถึงระดับเศรษฐกิจทำให้ให้เพลี้ยอ่อนฝ้าย เพลี้ยไฟฝ้าย แมลงหวี่ขาวยาสูบ ลดลง ส่งผลให้ผลผลิตฝ้ายมีปริมาณสูงสุดเฉลี่ยทุกสายพันธุ์ คือ 408 และ 424 กิโลกรัมต่อไร่

คำสำคัญ: การจัดการแมลงศัตรูฝ้าย, ฝ้าย, ฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า, ฝ้ายเส้นใยสีเขียว, แมลงศัตรูฝ้าย

Abstract

Insect pest management on green fiber-promising cotton lines aimed to study the effective, safe and economical the insect pest control treatments in green fiber-promising cotton lines conducted in 2024 at Nakhon Sawan Field Crops Research Center. In the split-plot design with three insect pest control treatments, 1. weekly spray 2. weekly spray (50–100 DAE0 and 3. economic threshold and control, four cotton lines and four replications were employed. Growing cotton in a field, spraying insecticides according to the prevention, and counting the number of cotton pests twice a week throughout the growing season, a total of 22 times. The results showed that spraying insecticide once a week and spraying at an economic threshold gave the lowest total number of aphids, thrips and whitefly. Resulting in the highest cotton yields average for all cotton lines, at 408 and 424 kilograms.rai^{-1}.

Keywords: Cotton, Cotton insect pest, Cotton pest management, Green fiber cotton, Promising cotton line

คำนำ

ในปัจจุบันกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของผู้บริโภค ประกอบกับกระบวนการผลิตฝ้ายที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลดมลภาวะน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมสี และเป็นทางเลือกให้เกษตรกรผู้ปลูกและผู้บริโภคในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และหัตถกรรมสิ่งทอของไทย (ปริญญา และคณะ, 2562) แต่ฝ้ายเป็นพืชที่มีต้นทุนสูงในการปลูก เนื่องจากต้องใช้แรงงานในด้านการจัดการ การดูแลรักษา และการป้องกันกำจัดศัตรูพืช แม้ว่าสภาพดินฟ้าอากาศในประเทศไทยมีความเหมาะสมในการปลูกฝ้าย แต่ในขณะเดียวกัน ปัจจัยดังกล่าวยังมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต และการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูเป็นอย่างดีด้วยเช่นกัน การปลูกฝ้ายโดยทั่วไป มักพบแมลงศัตรูหลายชนิดเข้าทำลายอย่างต่อเนื่องตลอดฤดูปลูก โดยแมลงศัตรูที่มีความสำคัญ ซึ่งทำให้ฝ้ายสูญเสียผลผลิตหากไม่มีการป้องกันกำจัดอย่างมีประสิทธิภาพได้แก่ หนอนเจาะสมอฝ้าย เพลี้ยอ่อนฝ้าย เพลี้ยจักจั่นฝ้าย แมลงหวี่ขาวยาสูบ เพลี้ยไฟฝ้าย (เกศรา และคณะ, 2545) ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงไม่น้อยกว่า 13–15 ครั้ง ตลอดฤดูปลูก ทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมี ที่ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในแหล่งปลูกฝ้าย นอกจากนั้น การใช้สารเคมีกำจัดแมลงยังทำให้แมลงศัตรูธรรมชาติถูกทำลายไปด้วย ดังนั้นเพื่อชะลอการสร้างความต้านทานของแมลงศัตรูดังกล่าวต่อสารเคมีกำจัดแมลง จึงมีคำแนะนำให้เกษตรกรใช้สารฆ่าแมลงในกรณีที่จำเป็นและไม่ใช้สารเคมีกำจัดแมลงชนิดเดียวพ่นติดต่อกันตลอดฤดูปลูกฝ้าย (สว่าง และคณะ, 2532) อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีกำจัดแมลงจะเป็นวิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่มีประสิทธิภาพ และรวดเร็ว แต่เป็นวิธีการที่มีผลเสียอย่างมากต่อเกษตรกรผู้ใช้และสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงทำการศึกษาการจัดการแมลงศัตรูฝ้าย ตลอดจนศึกษาศักยภาพของพันธุ์ฝ้ายต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูฝ้าย ซึ่งได้แก่ลักษณะใบขนซึ่งสามารถต้านทานแมลงศัตรู โดยเฉพาะเพลี้ยจักจั่นฝ้ายได้ดี (จินดา และคณะ, 2527; อมรา และคณะ, 2546; Maxwell, 1980) เพื่อให้การผลิตฝ้ายของเกษตรกรเป็นไปอย่างยั่งยืน จึงเน้นการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายให้มีประสิทธิภาพ ปลอดภัยและประหยัด ในฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีศักยภาพ และให้ผลผลิตสูงและต้นทุนการผลิตต่ำภายใต้การจัดการแมลงศัตรูโดยใช้กรรมวิธีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเตรียมพร้อมในการแนะนำควบคู่ไปกับการแนะนำพันธุ์ฝ้ายที่มีศักยภาพสำหรับเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ฝ้าย จำนวน 4 สายพันธุ์/พันธุ์ ประกอบด้วยฝ้ายเส้นใยสีเขียวสายพันธุ์ก้าวหน้า 2 สายพันธุ์คือ V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B และพันธุ์เปรียบเทียบ คือ กวก.ตากฟ้า 86-5 และ กวก.ตากฟ้า 2
2. สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย ตามคำแนะนำของ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร (2566) สารอิมิดาโคลพริด (imidacloprid) 10% SL อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และสารโอเมทโทเอต (omethoate) 50% SL อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร
3. เครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงลม (air-carrier sprayers)
4. ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่
5. สารป้องกันกำจัดวัชพืชในฝ้ายตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

วิธีการดำเนินการ

แผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 4 ซ้ำ Main plot คือ การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย 3 วิธี ประกอบด้วย 1. พ่นสารฆ่าแมลงสัปดาห์ละ 1 ครั้งตลอดฤดู 2. พ่นสารฆ่าแมลงสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เมื่อฝ้ายอายุ 50 วัน

จนถึง 100 วันจึงหยุดพ่นสาร และ 3. พ่นสารฆ่าแมลงตามระดับเศรษฐกิจ (Economic Threshold) และไม่มีการพ่นสารฆ่าแมลง (กรรมวิธีควบคุม) สำหรับระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูฝ้ายที่สำคัญได้แก่ 1) เพลี้ยอ่อนฝ้าย พ่นสารฆ่าแมลงเมื่อพบ 10 ตัวต่อใบ 2) เพลี้ยจักจั่นฝ้าย พ่นสารฆ่าแมลงเมื่อพบตัวอ่อน 1 ตัวต่อใบ ในฝ้ายอายุน้อยกว่า 1 เดือน หรือพบตัวอ่อน 2 ตัวต่อใบ ในฝ้ายอายุมากกว่า 1 เดือน 3) เพลี้ยไฟฝ้าย พ่นสารฆ่าแมลงเมื่อพบ 1 ตัวต่อใบ และ 4) แมลงหวี่ขาวยาสูบ พ่นสารฆ่าแมลงเมื่อพบตัวอ่อน 2 ตัวต่อใบ ส่วน Sub plot คือ พันธุ์ฝ้าย สายพันธุ์ ประกอบด้วย ฝ้ายเส้นใยสีเขียว สายพันธุ์ก้าวหน้า 2 สายพันธุ์คือ V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B และพันธุ์เปรียบเทียบ คือ กวก. ตากฟ้า 86-5 และ กวก.ตากฟ้า 2 ปลูกฝ้ายวันที่ 11 กรกฎาคม 2567 โดยใช้ระยะปลูก 1.25 × 0.50 เมตร แปลงย่อยละ 6 แถว แถวละ 12 ต้นต่อซ้ำ หลังฝ้ายงอก 1 สัปดาห์ ตรวจนับแมลงศัตรูและแมลงศัตรูธรรมชาติ แปลงย่อยละ 10 ต้น สัปดาห์ละ 2 ครั้ง และเก็บใบฝ้ายบริเวณกลางต้น ต้นละ 1 ใบ จากแปลงย่อย แปลงย่อยละ 5 ต้น สัปดาห์ละ 1 ครั้ง นับปริมาณ ไข่ และตัวอ่อน แมลงหวี่ขาว เมื่อฝ้ายออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ตัดใบที่ 4–5 และดอกอ่อน อายุประมาณ 15 วัน แปลงย่อยละ 5 ใบ และตัดดอกอ่อน 5 ดอกต่อแปลงย่อย โดยเก็บครั้งเดียวตลอดฤดู เพื่อนับขนบนใบและเส้นใบ เก็บเกี่ยวผลผลิต 4 แถวกลาง เว้นหัวแถว 2 ต้น และท้ายแถว 2 ต้นต่อแปลงย่อย (พื้นที่เก็บเกี่ยว 25 ตารางเมตร) วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT

การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณแมลงศัตรูและปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติ จำแนกตามลักษณะสัณฐานวิทยาตามคู่มือตรวจแมลง ไร และสัตว์ศัตรูพืชเศรษฐกิจ (สมาคมกีฏและสัตววิทยาแห่งประเทศไทย, 2553)
2. ปริมาณขนบนใบ บนเส้นใบ เมื่อฝ้ายออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์
3. น้ำหนักผลผลิตฝ้ายปุยทั้งเมล็ด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการจัดการแมลงศัตรูฝ้ายในฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีศักยภาพของโครงการปรับปรุงพันธุ์ฝ้ายต่อปริมาณการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูฝ้ายในสภาพที่มีการป้องกันกำจัดแตกต่างกัน ตรวจนับปริมาณแมลงศัตรูฝ้ายที่สำคัญ จำนวน 22 ครั้งพบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูดังนี้

เพลี้ยอ่อนฝ้าย

ปริมาณเพลี้ยอ่อนฝ้ายไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์และวิธีการป้องกันกำจัด แต่วิธีการป้องกันกำจัดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p = 0.465) โดยวิธีการพ่นสารกำจัดแมลงสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และการพ่นสารตามระดับเศรษฐกิจส่งผลให้ปริมาณรวมเพลี้ยอ่อนฝ้ายเท่ากับ 165 และ 121 ตัวต่อต้น ซึ่งน้อยกว่าการพ่นสารเฉพาะฝ้ายอายุ 50–100 วันและกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดแมลงที่มีปริมาณเพลี้ยอ่อนฝ้ายรวม 410 และ 398 ตัวต่อต้น ในฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B มีปริมาณรวมเพลี้ยอ่อนฝ้าย 258 และ 245 ตัวต่อต้น น้อยกว่าพันธุ์ กวก.ตากฟ้า 2 ที่มีปริมาณรวมเพลี้ยอ่อนฝ้าย 308 ตัวต่อต้น (Table 1)

เพลี้ยจักจั่นฝ้าย

ปริมาณรวมเพลี้ยจักจั่นฝ้ายไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์และวิธีการป้องกันกำจัด แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p = 0.0053) ในแต่ละวิธีการป้องกันกำจัดและระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์ โดยวิธีการพ่นสารกำจัด

แมลงสัปดาห์ละ 1 ครั้ง การพ่นสารเฉพาะฝ้ายอายุ 50–100 วันหลังงอก และการพ่นสารตามระดับเศรษฐกิจมีปริมาณรวมของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย 28 27 และ 37 ตัวต่อต้นตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีไม่พ่นสารป้องกันกำจัดแมลง และฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B มีปริมาณรวมเพลี้ยจักจั่นฝ้าย 19 และ 28 ตัวต่อต้น น้อยกว่าพันธุ์กวก.ตากฟ้า 86-5 และพันธุ์ กวก.ตากฟ้า 2 (Table 2)

เพลี้ยไฟฝ้าย

ปริมาณรวมเพลี้ยไฟฝ้ายไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์และวิธีการป้องกันกำจัด แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p = 0.0001) ระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์ โดยฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B มีปริมาณรวมเพลี้ยไฟฝ้าย 2 และ 1 ตัวต่อต้น ซึ่งมากกว่าพันธุ์ กวก.ตากฟ้า 86-5 และกวก.ตากฟ้า 2 ที่มีเพียง 0.3 และ 0.1 ตัวต่อต้นตามลำดับ (Table 3)

แมลงหวี่ขาวยาสูบ

ปริมาณรวมแมลงหวี่ขาวยาสูบไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์และวิธีการป้องกันกำจัด แต่มีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์/พันธุ์ (p = 0.0094) และวิธีการป้องกันกำจัดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p = 0.0000)โดยฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B มีปริมาณรวมแมลงหวี่ขาว 8 และ 6 ตัวต่อต้น ซึ่งมากกว่าพันธุ์ กวก.ตากฟ้า 86-5 และ กวก.ตากฟ้า 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกรรมวิธีที่ส่งผลให้ปริมาณแมลงหวี่ขาวน้อยสุดคือ วิธีการพ่นสารสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และเมื่อฝ้ายอายุ 50 วันไปจนกระทั่งอายุฝ้าย 100 วัน (Table 4)

หนอนม้วนใบฝ้าย

ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์และวิธีการป้องกันกำจัด แต่มีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์/พันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ (p = 0.0010) โดยฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B มีปริมาณหนอนม้วนใบฝ้ายมากถึง 16 และ 13 ตัวต่อต้น มากกว่าฝ้ายพันธุ์ กวก.ตากฟ้า 86-5 และกวก.ตากฟ้า 2 ส่วนวิธีการป้องกันกำจัดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p = 0.0765) มีปริมาณรวมของหนอนม้วนใบฝ้ายอยู่ระหว่าง 2–17 ตัวต่อต้น (Table 5)

แมลงศัตรูธรรมชาติ

จากการตรวจนับแมลงศัตรูธรรมชาติพบเพียง แมงมุมและด้วงเต่า และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์และวิธีการป้องกันกำจัด ในส่วนของแมงมุมมีปริมาณอยู่ระหว่าง 33–39 ตัวต่อ 10 ต้นในแต่ละพันธุ์ฝ้าย ส่วนของด้วงเต่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.0334) ในแต่ละวิธีการป้องกันกำจัดโดยวิธีการพ่นสารกำจัดแมลงสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เมื่อฝ้ายอายุ 50 วันจนกระทั่งฝ้ายอายุ 100 วัน ส่งผลให้มีปริมาณด้วงเต่ามากกว่าวิธีป้องกันกำจัดอื่นๆ 0.4 ตัวต่อต้น แต่ไม่แตกต่างกับวิธีการไม่ป้องกันกำจัด (Tables 6–7)

ปริมาณขนบนเนื้อใบและก้านใบ

ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์และวิธีการป้องกันกำจัดในส่วนของปริมาณขนบนเนื้อใบและก้านใบ แต่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ (p = 0.0000) ทั้งปริมาณขนบนเนื้อใบและก้านใบ กล่าวคือฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B มีปริมาณขนบนเนื้อใบ 330 และ 374 เส้นต่อ

ตารางเซนติเมตรและมีขนบนเส้นใบ 514 และ 494 เส้นต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าฝ้ายพันธุ์ กวก.ตากฟ้า 86-5 และ กวก.ตากฟ้า 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Tables 8–9)

ผลผลิตฝ้ายปุยทั้งเมล็ด

ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์และวิธีการป้องกันกำจัดในส่วนของผลผลิต มีความแตกต่างในแต่ละสายพันธุ์/พันธุ์ (p = 0.0003) และวิธีการป้องกันกำจัดอย่างมีนัยสำคัญ (p = 0.0000) โดยการพ่นสารกำจัดแมลงสัปดาห์ละ 1 ครั้งตลอดฤดูปลูกและพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงตามระดับเศรษฐกิจส่งผลให้ได้ผลผลิตฝ้ายปุยทั้งเมล็ดเฉลี่ยสูง 408 และ 424 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และฝ้ายเส้นใยสีเขียวสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B V1/TF86-5-B-B-B-55B ให้ผลผลิตฝ้ายปุยทั้งเมล็ดเฉลี่ยสูง 378 และ 338 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 10)

จากผลการทดลองข้างต้นเห็นได้ว่าฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B มีปริมาณรวมของแมลงศัตรูฝ้ายที่สำคัญ คือ เพลี้ยอ่อนฝ้าย และเพลี้ยไฟฝ้าย ไม่แตกต่างกัน ส่วนการป้องกันกำจัดนั้น พบว่า การพ่นสารฆ่าแมลงสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และการพ่นสารกำจัดแมลงเมื่อมีปริมาณแมลงศัตรูถึงระดับเศรษฐกิจทำให้ปริมาณรวมของแมลงศัตรูฝ้าย ได้แก่ เพลี้ยอ่อนฝ้าย เพลี้ยไฟฝ้าย แมลงหวี่ขาว น้อยกว่าวิธีการป้องกันกำจัดอื่นๆ จำนวนขนบนเส้นใบและขนบนเนื้อใบของฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้าทั้งสองสายพันธุ์มีจำนวนมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบส่งผลให้มีปริมาณรวมของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายมีจำนวนน้อยกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ และให้ผลผลิตฝ้ายสูงกว่าการพ่นสารสัปดาห์ละ 1 ครั้งเมื่อฝ้ายอายุ 50–100 วันหรือไม่มีการป้องกันกำจัด

จากการนับจำนวนขนบนใบซึ่งเป็นลักษณะทนทานแมลงศัตรู พบว่า มีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์/พันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ฝ้ายเส้นใยสีเขียวสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B มีจำนวนขนบนใบมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ จึงถูกจัดอยู่ในกลุ่มพันธุ์ฝ้ายเส้นใยสีทนทานต่อแมลงศัตรูฝ้ายที่สำคัญ ทนทานต่อเพลี้ยจักจั่น ต้านทานต่อโรคใบหงิก (ปริญญา และคณะ, 2561) ปริมาณขนบนใบที่มีจำนวนมากมีผลให้การเข้าทำลายของเพลี้ยจักจั่นน้อย แต่จะส่งผลให้การเข้าทำลายของแมลงหวี่ขาวยาสูบและเพลี้ยไฟฝ้ายมากขึ้น (อมรา และคณะ, 2553; อมรา และคณะ, 2558)

Table 1 Mean total number (22 counts) of *Aphis gossypii* (Glover) per plants on 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	125 ± 23.10	150 ± 29.41	178 ± 23.90	210 ± 37.90	165[a]
2. Weekly spray (50–100)	387 ± 113.84	315 ± 23.00	427 ± 89.06	511 ± 70.97	410[b]
3. Econ Threshold	97 ± 16.65	110 ± 15.58	129 ± 49.40	150 ± 16.80	121[a]
4. Control	426 ± 146.17	405 ± 26.68	398 ± 129.48	361 ± 81.75	398[b]
Mean	258[a]	245[a]	283[ab]	308[b]	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

C.V.(A) = 31.09%; C.V.(B) = 19.97%

Table 2 Mean total number (22 counts) of *Amrasca biguttula* (Ishida) per plants on 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	11 ± 3.91	14 ± 5.37	44 ± 8.85	44 ± 10.72	28[a]
2. Weekly spray (50–100)	12 ± 2.90	17 ± 6.60	36 ± 8.17	43 ± 21.45	27[a]
3. Econ Threshold	13 ± 4.28	19 ± 8.33	53 ± 13.71	64 ± 18.44	37[a]
4. Control	40 ± 3.93	62 ± 14.06	90 ± 39.40	72 ± 13.20	66[b]
Mean	19[a]	28[a]	56[b]	56[b]	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

C.V.(A) = 44.33%; C.V.(B) = 31.59%

Table 3 Mean total number (22 counts) of *Thrips palmi* (Karney) per plants on 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	2 ± 2.47	1 ± 1.15	0.3 ± 0.32	0.2 ± 0.11	1
2. Weekly spray (50–100)	3 ± 2.00	1 ± 1.31	0.2 ± 0.00	0.1 ± 0.28	1
3. Econ Threshold	2 ± 0.60	2 ± 2.24	0.5 ± 0.55	0.1 ± 0.23	1
4. No control	4 ± 3.57	2 ± 1.90	0.4 ± 0.40	0.1 ± 0.00	1
Mean	2[c]	1[b]	0.3[a]	0.1[a]	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

C.V.(A) = 40.52%; C.V.(B) = 32.03%

Table 4 Mean total number (22 counts) of *Bemisia tabaci* (Gennadius) per plants on 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	82 ± 2.73	8 ± 3.72	1 ± 0.80	1 ± 0.80	5[b]
2. Weekly spray (50–100)	9 ± 1.40	7 ± 2.74	3 ± 2.57	1 ± 1.44	5[b]
3. Econ Threshold	10 ± 4.05	7 ± 2.06	2 ± 1.83	2 ± 0.30	5[b]
4. No control	31 ± 1.58	3±1.81	1 ± 0.26	0.8 ± 0.81	2[a]
Mean	8[b]	6[b]	2[a]	1[a]	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

C.V.(A) = 37.28%; C.V.(B) = 43.51%

Table 5 Mean total number (22 counts) of *Sylepta derogate* Fabricius per plants on 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	8 ± 5.57	14 ± 7.77	0.1 ± 0.15	0.1 ± 0.00	5
2. Weekly spray (50–100)	4 ± 1.58	5 ± 6.06	0.1 ± 0.00	0.1 ± 0.11	2
3. Econ Threshold	7 ± 4.91	10 ± 12.76	0.6 ± 0.47	1.8 ± 3.14	5
4. No control	45 ± 40.85	25 ± 17.82	0.4 ± 0.75	0.1 ±0.17	17
Mean	16[b]	13[b]	0.3[a]	0.5[a]	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

C.V.(A) = 33.59%; C.V.(B) = 20.06%

Table 6 Mean total number (22 counts) of Spider per plants on 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	3 ± 0.55	4 ± 0.36	3 ± 1.22	3 ± 0.90	3
2. Weekly spray (50–100)	3 ± 0.20	3 ± 0.45	2 ± 0.37	2 ± 0.83	2
3. Econ Threshold	3 ± 0.75	3 ± 1.17	3 ± 1.17	3 ± 1.77	3
4. No control	3 ± 1.64	4 ± 0.73	4 ± 1.73	4 ± 1.00	4
Mean	3	3	3	3	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

C.V.(A) = 26.14%; C.V.(B) = 21.32%

Table 7 Mean total number (22 counts) of Ladybugs Fabricius per plants on 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	0.4 ± 0.11	0.2 ± 0.11	0.5 ± 0.50	0.1 ± 0.05	0.3[b]
2. Weekly spray (50–100)	0.3 ± 0.17	0.4 ± 0.20	0.6 ± 0.40	0.3 ± 0.15	0.4[ab]
3. Econ Threshold	0.1 ± 0.17	0.2 ± 0.26	0.3 ± 0.15	0.2 ± 0.05	0.2[b]
4. No control	0.2 ± 0.23	0.5 ± 0.20	0.7 ± 0.41	0.9 ± 0.20	0.6[a]
Mean	0.2	0.3	0.5	0.3	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

C.V.(A) = 32.59%; C.V.(B) = 18.06%

Table 8 Mean total number of hairs on cotton leaf/cm^2 in flowering stage on 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	362 ± 175.02	339 ± 47.17	57 ± 28.87	11 ± 4.36	192
2. Weekly spray (50–100)	301 ± 107.08	411 ± 103.09	53 ±15.00	17 ± 2.65	195
3. Econ Threshold	373 ± 59.63	439 ± 71.63	63 ± 35.73	30 ± 22.54	226
4. No control	287 ± 63.06	308 ± 43.62	45 ± 27.50	19 ± 12.66	164
Mean	330^a	374^a	54^b	19^b	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

C.V.(A) = 24.57%; C.V.(B) = 33.44%

Table 9 Mean total number of hairs on cotton leaf vein/cm^2 in flowering stage on 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	483 ± 131.06	416 ± 119.88	87 ± 52.92	45 ± 16.00	246^b
2. Weekly spray (50–100)	461 ± 96.40	454 ± 162.90	59 ± 32.14	31 ± 15.50	251^b
3. Econ Threshold	64,624.01	577 ± 14.47	71 ± 27.22	74 ± 73.79	342^a
4. No control	513 ± 57.40	527 ± 22.81	65 ± 32.32	13 ± 23.09	279^b
Mean	514^a	494^a	70^b	41^b	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

C.V.(A) = 20.18%; C.V.(B) = 23.80%

Table 10 Means seed cotton yield (kg/rai) of 4 cotton lines under 4 insect pest control treatments at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2023

Control Treatments (A)	Cotton lines (B)				Mean
	V1/TF86-5-B-B-B-47B	V1/TF86-5-B-B-B-55B	DOA. TF86-5	DOA. TF2	
1. Weekly spray	447 ± 94.30	423 ± 33.47	337 ± 25.50	323 ± 40.20	408^a
2. Weekly spray (50–100)	392 ± 7.81	325 ± 42.14	320 ± 8.72	139 ± 55.64	294^b
3. Econ Threshold	458 ± 25.51	416 ± 46.69	308 ± 5.13	313 ± 49.22	424^a
4. No control	214 ± 41.24	186 ± 36.02	98 ± 9.85	41 ± 10.97	135^c
Mean	378^a	338^a	265^b	204^c	

In a row, mean followed by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

C.V.(A) = 16.55%; C.V.(B) = 14.78%

สรุป

การจัดการแมลงศัตรูฝ้ายโดยวิธีการพ่นสารสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดฤดูปลูกหรือพ่นสารเมื่อปริมาณการเข้าทำลายของแมลงถึงระดับเศรษฐกิจเป็นวิธีการป้องกันกำจัดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนฝ้ายและเพลี้ยไฟฝ้ายมีปริมาณน้อยลง ทำให้ฝ้ายมีผลผลิตฝ้ายปุยทั้งเมล็ดสูงสุด ฝ้ายเส้นใยสีเขียวสายพันธุ์ก้าวหน้า V1/TF86-5-B-B-B-47B และ V1/TF86-5-B-B-B-55B มีศักยภาพที่ให้ผลผลิตปุยทั้งเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุด ประกอบกับมีปริมาณขนบนใบสูงสุด มีผลให้การเข้าทำลายของเพลี้ยจักจั่นมีปริมาณน้อย

จากการประเมินศักยภาพของสายพันธุ์/พันธุ์ฝ้าย ในสภาพการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายที่ต่างกัน ทำให้ทราบวิธีการป้องกันกำจัดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ในแต่ละแหล่งปลูกที่มีชนิดและปริมาณแมลงศัตรูฝ้ายที่เข้าทำลาย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ และบุคลากรทุกท่านของศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ที่ให้ความร่วมมือและให้การสนับสนุนอย่างดียิ่ง จึงสามารถดำเนินการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิผล

เอกสารอ้างอิง

เกศรา จีระจรรยา, สุเทพ สหายา, ลักขณา บำรุงศรี, สุพจน์ กิตติบุญญา. 2545. แมลงศัตรูฝ้ายที่สำคัญและการป้องกันกำจัด. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูฝ้ายและพืชเส้นใย กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

จินดา จันทร์อ่อน, จรัสพร ถาวรสุข, ยศพร จันทชุม, ศักดา เสื้อประสงค์, ธวัชชัย ศรีวรนาถ, ชูเกียรติ อิถรัชถ์. 2527. การปรับปรุงพันธุ์ฝ้ายได้ต้านทานต่อแมลง การผสมและคัดเลือกพันธุ์. ใน: ผลการวิจัยฝ้าย ปี 2526–2527 ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. หน้า 2–19.

ปริญญา สีบุญเรือง, พยุดา จันทร์เกื้อ, ศิวิไล ลาภบรรจบ, วรกานต์ ยอดชมภู, ถนัด กันต์สุข, กริศนะ พึ่งสุข. 2561. การพัฒนาและคัดเลือกพันธุ์ฝ้ายเส้นใยสั้นที่ทนทานต่อศัตรูฝ้ายที่สำคัญ. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2561 ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 84–92.

ปริญญา สีบุญเรือง, วรกานต์ ยอดชมพู, ศิวิไล ลาภบรรจบ, พิมพ์พันธุ์ พันธุรี. 2562. การพัฒนาและคัดเลือกพันธุ์ฝ้ายเส้นใยสีเขียวที่ทนทานต่อศัตรูฝ้ายที่สำคัญ. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2562. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 42–48.

ศิวิไล ลาภบรรจบ, ปริญญา สีบุญเรือง, อมรา ไตรศิริ, วรกานต์ ยอดชมภู. 2558. การประเมินสายพันธุ์ฝ้ายต่อโรคใบหงิก. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2558 ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 448–457.

สว่าง วังบุญคง, เกศรา จีระจรรยา, มานพ นชะพงษ์, ลักขณา บำรุงศรี. 2532. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย และพืชเส้นใย. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช. 2563. เอกสารวิชาการ คำแนะนำ การป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืช อย่างปลอดภัย จากงานวิจัย 2563. สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ

อมรา ไตรศิริ, สำรวย ปลูกงาม, ปริญญา สีบุญเรือง, มนูญ พุ่มกล่อม. 2546. การแพร่ระบาดของแมลงศัตรูฝ้ายชนิดปากดูดบนฝ้ายใบขนสายพันธุ์ก้าวหน้า. ใน: เอกสารประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 6. 24–27 พฤศจิกายน 2546 ณ จังหวัดขอนแก่น. หน้า 35–45.

อมรา ไตรศิริ, ปริญญา สีบุญเรือง, นัฐภัทร์ คำหล้า, สุริพัฒน์ ไทยเทศ, ศิวิไล ลาภบรรจบ. 2553. การศึกษาจัดการแมลงศัตรูฝ้าย. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553 ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. หน้า 195–214.

อมรา ไตรศิริ, ปริญญา สีบุญเรือง, ศิวิไล ลาภบรรจบ, วรกานต์ ยอดชมภู. 2558. การศึกษาการจัดการแมลงศัตรูฝ้ายบนฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2558 ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 432–447.

Maxwell, F.G., 1980. Advances in breeding for resistance to cotton insects. PRDC 1980. Plant production and protection paper. 48 p.

ศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชแบบสารผสม (อะลาคลอร์+อะทราซีน อะมีทรีน+อะทราซีน และมีโซไตรโอน+อะทราซีน) ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง

Study on phytotoxicity of mixture herbicides (alachlor+atrazine, ametryn+atrazine and mesotrione+atrazine) on the growth of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong'

เอกรัตน์ ธนูทอง*, จรัญญา ปิ่นสุภา, ภัทร์พิชชา รุจิระพงศ์ชัย, ปรัชญา เอกฐิน, เทอดพงษ์ มหาวงศ์, อุษณีย์ จินดากุล

Akekarat Tanutong*, Jarunya Pinsupa, 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

ประเทศไทยได้ยกเลิกการใช้สาร paraquat ในวันที่ 1 มิถุนายน 2563 ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถใช้สาร paraquat ได้อีกต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชแบบผสมสำเร็จรูปในกล้วยหอมทอง ทำการทดลอง ณ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 5 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีพ่นสาร alachlor+atrazine, ametryn+atrazine และ mesotrione+atrazine อัตรา 235, 400 และ 165 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ พ่นคลุมต้นกล้วยหอม เมื่อกล้วยหอมมีอายุ 2 เดือนหลังปลูก เปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่พ่นสาร ผลการทดลองพบว่า สาร alachlor+atrazine และ ametryn+atrazine มีความเป็นพิษเล็กน้อยและรุนแรง ตามลำดับ ที่ระยะ 3 วันหลังพ่นสาร ในขณะที่สาร mesotrione+atrazine มีความเป็นพิษรุนแรง ที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสาร เมื่อเข้าสู่ระยะ 15 และ 30 วันหลังพ่นสาร ต้นกล้วยหอมสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ ดังนั้นสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวจึงเหมาะสมสำหรับใช้ในแปลงปลูกกล้วยหอม

คำสำคัญ: กล้วยหอมทอง, ความเป็นพิษต่อพืช, สารกำจัดวัชพืชแบบผสมสำเร็จรูป

Abstract

Thailand banned the use of paraquat on June 1, 2020, preventing farmers from using this chemical further. This study aimed to evaluate the toxicity of premix herbicides in *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong'. The experiment was conducted at Phetchaburi Province, using a RCB with 5 replications and 4 treatments including alachlor+atrazine, ametryn+atrazine and mesotrione+atrazine at 235, 400 and 165 g ai/rai respectively. compare with nontreated. Herbicides were applied when the banana plants were two months old. Results showed that alachlor+atrazine caused slightly toxic, ametryn+atrazine caused severely toxic at 3 days after application and mesotrione+atrazine caused severely toxic at 15 days after application. However, by 15 and 30 days after application, the banana plants had recovered and grown normally. Therefore, these herbicides are deemed suitable for use in banana plantations.

Keywords: *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong', Phytotoxicity, Premix herbicides

คำนำ

กล้วยหอมทอง [*Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong'] เป็นสินค้าเกษตรส่งออกที่ทำรายได้เข้าประเทศไทยปีละหลายร้อยล้านบาท จากข้อมูลปี 2566 ประเทศไทยส่งออกกล้วยหอมในรูปผลสดประมาณ 8,136 ตัน คิดเป็นมูลค่า 183 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) การจัดการวัชพืชในแปลงกล้วยหอมปลูกใหม่มีความสำคัญ โดยเฉพาะในช่วงที่กล้วยหอมมีอายุ 1–3 เดือนหลังปลูก โดยการปล่อยให้วัชพืชขึ้นแข่งขันกับกล้วยหอมตั้งแต่เริ่มปลูก ส่งผลให้การเจริญเติบโตของกล้วยหอมชะงัก ต้นแคระแกร็น และวัชพืชยังเป็นที่อยู่อาศัยของโรค แมลงและสัตว์ศัตรูพืช อีกทั้งยังเป็นสาเหตุทำให้ยากต่อการเข้าไปปฏิบัติดูแลรักษา เช่น การใส่ปุ๋ย การพ่นสารกำจัดแมลงและโรค เป็นต้น (พรชัย, 2540; กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2560) การควบคุมวัชพืชทำได้หลายวิธี เช่น ใช้แรงงานคน หรือใช้สารกำจัดวัชพืช ในปัจจุบันเกษตรกรกำจัดวัชพืชในแปลงกล้วยหอมโดยการใช้แรงงานคนถากหญ้าด้วยจอบ ซึ่งเกษตรกรประสบปัญหาค่าจ้างแรงงานสูง อีกทั้งยังขาดแคลนแรงงาน เกษตรกรจึงนิยมใช้สารกำจัดวัชพืชเพิ่มมากขึ้น โดยสารกำจัดวัชพืชที่นิยมใช้ คือ สาร paraquat เช่นเดียวกับประเทศออสเตรเลียที่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช paraquat อัตรา 250 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เพื่อกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกกล้วย (Tony, 2016) แต่ในปัจจุบันประเทศไทยได้ยกเลิกการใช้สารกำจัดวัชพืช paraquat ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2563 (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2563) ส่งผลให้เกษตรกรไทยไม่สามารถใช้สารกำจัดวัชพืชดังกล่าวได้อีกต่อไป อย่างไรก็ตาม เอกรัตน์ และคณะ (2566) รายงานว่า การใช้สารกำจัดวัชพืช ametryn, diuron, glufosinate-ammonium และ topramezone อัตรา 400, 400, 97.5 และ 8.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พ่นระหว่างแถวกล้วยหอมที่ระยะวัชพืชมีจำนวนใบมากกว่า 5 ใบ มีความสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร สามารถควบคุมวัชพืช ได้แก่ หญ้าตีนนก หญ้านกสีชมพู หญ้าตีนกา หญ้าขนเล็ก ผักแครด ผักเสี้ยนดอกม่วง และหญ้ายาง ได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอม ในขณะที่ Rana and Rana (2016) ทดสอบผสมสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ได้แก่ alachlor และ simazine ร่วมกับ สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก ได้แก่ ametryn และ diuron พบว่าสามารถควบคุมวัชพืชในแปลงกล้วยได้เป็นระยะเวลานาน แต่ยังขาดข้อมูลความปลอดภัยต่อพืชปลูกที่แน่ชัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชแบบสารผสม ได้แก่ อะลาคลอร์ + อะทราซีน อะมีทรีน + อะทราซีน และมีโซไตรโอน + อะทราซีน ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง สำหรับเป็นทางเลือกแทนการใช้สารกำจัดวัชพืช paraquat ให้แก่เกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดสอบความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ + อะทราซีน อะมีทรีน + อะทราซีน และมีโซไตรโอน + อะทราซีน ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง

การเตรียมวัสดุปลูก ผสมดินร่วนและปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 นำใส่ลงในกระบะซีเมนต์ขนาด 50 × 50 เซนติเมตร จากนั้นปลูกกล้วยหอมจำนวน 1 หน่อต่อกระบะ โดยใช้หน่อกล้วยหอมที่มีความสมบูรณ์และใกล้เคียงกัน ดูแลรดน้ำจำนวน 2 ครั้งต่อวัน และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กรัมต่อต้น เมื่อกล้วยหอมมีอายุ 1 เดือนหลังปลูก หลังจากปลูกกล้วยหอมประมาณ 2 เดือน หรือมีใบจริง 4-5 ใบ ทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลอง โดยพ่นคลุมต้นกล้วยหอม ด้วยเครื่องพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบสะพายหลัง หัวพ่นแบบรูปพัด ใช้อัตราน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 5 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 พ่นสาร alachlor+atrazine 33% + 14% SE	อัตราแนะนำ 235 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
กรรมวิธีที่ 2 พ่นสาร ametryn+atrazine 40% + 40% WP	อัตราแนะนำ 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่

กรรมวิธีที่ 3 พ่นสาร mesotrione + atrazine 2.5 + 25% SC อัตราแนะนำ 165 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่

กรรมวิธีที่ 4 ไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช (control)

บันทึกข้อมูล ดังนี้ 1) ความเป็นพิษต่อต้นกล้วยหอม ที่ระยะ 3, 7, 15, 30, 60 และ 90 วันหลังพ่นสาร โดยให้คะแนนจากการประเมินด้วยสายตาตามลักษณะที่ปรากฏ ดังนี้ 0 = ไม่เป็นพิษ, 1–3 = เป็นพิษเล็กน้อย, 4–6 = เป็นพิษปานกลาง, 7–9 = เป็นพิษรุนแรง, 10 = พืชปลูกตาย (เอกรัตน์ และคณะ, 2567)

ระดับคะแนน	ลักษณะที่ปรากฏ
0	พืชปลูกไม่แสดงอาการเกิดพิษ สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ
1	ใบเปลี่ยนสีบริเวณขอบใบไม่ถึงกลางใบ เจริญเติบโตได้ปกติ
2	ใบเปลี่ยนสีบางส่วนแต่ไม่ทั่วทั้งใบ เจริญเติบโตได้ปกติ
3	ใบเปลี่ยนสีทั้งใบแต่ไม่ทั่วต้น เจริญเติบโตได้ปกติ
4	ใบเปลี่ยนสีทั้งใบแต่ไม่ทั่วต้น หรือใบผิดรูป หรือมีอาการไหม้บริเวณขอบใบไม่ถึงกลางใบ ใบใหม่เจริญเติบโตได้ปกติ และมีส่วนสีเขียวปรากฏ 60% เมื่อเทียบกับ control
5	ใบเปลี่ยนสีทั้งใบแต่ไม่ทั่วต้น หรือใบผิดรูป หรือใบไหม้บางส่วนแต่ไม่ทั่วทั้งใบ ใบใหม่เจริญเติบโตได้ปกติ และมีส่วนสีเขียวปรากฏ 50% เมื่อเทียบกับ control
6	ใบเปลี่ยนสีทั้งใบแต่ไม่ทั่วต้น หรือใบผิดรูป หรือใบไหม้ทั้งใบ ใบใหม่เจริญเติบโตได้ปกติ และมีส่วนสีเขียวปรากฏ 40% เมื่อเทียบกับ control
7	ใบเปลี่ยนสี หรือใบผิดรูป หรือใบไหม้ทั้งต้น แต่มีส่วนสีเขียวปรากฏ 30% เมื่อเทียบกับ control
8	ใบเปลี่ยนสี หรือใบผิดรูป หรือใบไหม้ทั้งต้น แต่มีส่วนสีเขียวปรากฏ 20% เมื่อเทียบกับ control
9	ใบเปลี่ยนสี หรือใบผิดรูป หรือใบไหม้ทั้งต้น แต่มีส่วนสีเขียวปรากฏ 10% เมื่อเทียบกับ control
10	พืชปลูกตาย

2) ความสูงของต้นกล้วยหอม ที่ระยะ 0, 30, 60 และ 90 วันหลังพ่นสาร โดยวัดจากส่วนลำต้นเหนือดินจากพื้นดินถึงโคนก้านใบของใบที่คลี่ออกแล้ว

3) จำนวนใบและจำนวนหน่อ ที่ระยะ 0, 30, 60 และ 90 วันหลังพ่นสาร

4) น้ำหนักสด (ชั่งน้ำหนักสดส่วนลำต้นเหนือดินของกล้วยหอม) และน้ำหนักแห้งของต้นกล้วยหอม (อบแห้งส่วนลำต้นเหนือดินของกล้วยหอมที่อุณหภูมิ 60°C จำนวน 120 hr) ที่ระยะ 90 วันหลังพ่นสาร

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความสูง จำนวนใบ จำนวนหน่อ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้วยหอม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT Version 3/93 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อกล้วยหอม

จากการประเมินความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อกล้วยหอมด้วยสายตา เปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช (Table 1 และ Figs. 1–4) พบว่า สาร alachlor + atrazine มีความเป็นพิษเล็กน้อย (คะแนนเท่ากับ 1) ต่อกล้วยหอม ที่ระยะ 3 วันหลังพ่นสาร โดยใบที่สัมผัสสารกำจัดวัชพืชเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลืองบริเวณขอบใบไม่ถึงกลาง

ใบ ก้านใบ (petiole) กาบใบ (leaf sheath) และลำต้นเทียม (pseudostem) ยังมีสีเขียวอยู่ ในส่วนของใบอ่อนที่ม้วนแบบซิก้า (cigar leaf) และใบอ่อน (immature leaf) มีสีเขียวเจริญเติบโตได้ปกติ จากนั้นที่ระยะ 7 วันหลังพ่นสาร ต้นกล้วยหอมเจริญเติบโตได้ตามปกติ (คะแนนเท่ากับ 0) สำหรับสาร ametryn + atrazine มีความเป็นพิษรุนแรง (คะแนนเท่ากับ 7) ต่อกล้วยหอม ที่ระยะ 3 วันหลังพ่นสาร โดยใบอ่อนที่ม้วนแบบซิก้าและใบที่สัมผัสสารกำจัดวัชพืชเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมเทา เนื้อใบแห้งและไหม้ (necrosis) อาการไหม้เกิดจากบริเวณขอบใบเข้าหาเส้นกลางใบ (midrib) แต่ก้านใบ กาบใบ และลำต้นเทียมยังมีสีเขียวอยู่ จากนั้นที่ระยะ 7 วันหลังพ่นสาร ความเป็นพิษลดลงอยู่ในระดับเล็กน้อย (คะแนนเท่ากับ 2) โดยใบอ่อนที่ม้วนแบบซิก้าเจริญเติบโตได้ปกติ ใบที่ 3 (leaf III) เปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลืองบางส่วนแต่ไม่ทั่วทั้งแผ่นใบ เมื่อเข้าสู่ระยะ 15 วันหลังพ่นสาร ต้นกล้วยหอมเจริญเติบโตได้ตามปกติ (คะแนนเท่ากับ 0) ในขณะที่สาร mesotrione + atrazine มีความเป็นพิษเล็กน้อย (คะแนนเท่ากับ 2) ต่อกล้วยหอม ที่ระยะ 3 วันหลังพ่นสาร โดยใบอ่อนที่ม้วนแบบซิก้า เปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนอมขาว ใบอ่อนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมเขียวอ่อนทั้งแผ่นใบ บริเวณขอบใบไหม้เล็กน้อย ส่วนใบอื่น ๆ มีสีเขียวปกติ แต่เส้นใบ (vein) มีลักษณะนูน เนื้อใบแข็งและกระด้าง และที่ระยะ 7 วันหลังพ่นสาร พบความเป็นพิษปานกลาง (คะแนนเท่ากับ 5) โดยใบอ่อนที่ม้วนแบบซิก้าและใบอ่อนมีอาการฟอกขาวซีด (bleaching) ใบเป็นสีขาวทั้งแผ่นใบ บริเวณขอบใบไหม้เล็กน้อย ใบอื่น ๆ มีอาการเนื้อใบแห้งและไหม้ บริเวณขอบใบไม่ถึงกลางใบ จากนั้นที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสาร ความเป็นพิษเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับรุนแรง (คะแนนเท่ากับ 8) โดยใบอ่อนที่ม้วนแบบซิก้าและใบอ่อนมีอาการฟอกขาวซีด บริเวณขอบใบแห้งและไหม้ ส่วนใบอื่น ๆ เนื้อใบแห้งและไหม้มากกว่า 50% ของพื้นที่ใบ อาการไหม้เกิดจาก บริเวณขอบใบเข้าหาเส้นกลางใบ บริเวณขอบก้านใบ (petiole margins) เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ แห้งและไหม้ แต่ก้านใบ กาบใบ และลำต้นเทียม ยังมีสีเขียวอยู่ เมื่อเข้าสู่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร ต้นกล้วยหอมเจริญเติบโตได้ตามปกติ (คะแนนเท่ากับ 0)

ทั้งนี้ สาร ametryn อยู่ในกลุ่ม Triazines สามารถเข้าสู่ต้นพืชได้ทั้งทางใบและทางราก แต่สารจะเข้าทางใบได้เร็วมาก จึงมีระดับคะแนนความเป็นพิษสูงถึง 7 คะแนน ที่ระยะ 3 วันหลังพ่นสาร เมื่อสารเข้าสู่พืชแล้วจะไปสะสมบริเวณจุดเจริญของพืช เช่นเดียวกับสาร atrazine ที่อยู่ในกลุ่ม Triazines เช่นเดียวกัน แต่ต่างกันที่สาร atrazine เข้าสู่ทางใบได้เพียงเล็กน้อย ซึ่งสารดังกล่าวมีกลไกการทำลายพืชโดยยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในระบบแสง II ของพืช สารจะไปจับกับ specific site ในคลอโรฟิลล์ ทำให้พืชไม่สามารถสร้าง ATP และ NADPH (ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช) ส่งผลให้พืชแสดงอาการใบซีดเหลือง (chlorosis) จากนั้นจะแสดงอาการใบแห้งและไหม้ (necrosis) ในเนื้อเยื่อพืชที่อายุมากจะแสดงอาการมากกว่าเนื้อเยื่อพืชที่อายุน้อย ในขณะที่สาร alachlor อยู่ในกลุ่ม Chloroacetamides สามารถเข้าสู่ต้นพืชได้โดยผ่านทางรากและยอดใต้ดิน โดยสารจะเข้าไปยับยั้งจุดเจริญบริเวณยอดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์กรดไขมันที่เป็นสายลูกโซ่ยาว ๆ ซึ่งแสดงความเป็นพิษเฉพาะต้นกล้าเท่านั้น จึงมีระดับคะแนนความเป็นพิษเพียง 1 คะแนน ที่ระยะ 3 วันหลังพ่นสาร สำหรับสาร mesotrione อยู่ในกลุ่ม Triketones สามารถเข้าสู่ต้นพืชได้ทั้งทางใบและทางราก มีกลไกการทำลายพืชโดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 4-hydroxyphenyl-pyruvate-dioxygenase (HPPD) ส่งผลให้พืชไม่สามารถสร้างแคโรทีนอยด์เพื่อปกป้องการสลายตัวด้วยแสงของคลอโรฟิลล์ จึงก่อให้เกิดอาการฟอกซีดเป็นสีขาว (bleaching) จากนั้นจะทำให้กระบวนการต่าง ๆ ภายในต้นพืชถูกทำลายไป พืชจะแสดงอาการเหี่ยวแห้งและตายในที่สุด (ทศพล, 2560; Shaner et al., 2014)

Table 1 Phytotoxicity of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong' at 3, 7, 15, 30, 60 and 90 days after application

Treatments	Rates (g ai/rai)	Phytotoxicity					
		3 DAA[1/]	7 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA	90 DAA
alachlor + atrazine 33% + 14% SE	235	1[2/]	0	0	0	0	0
ametryn + atrazine 40% + 40% WP	400	7	2	0	0	0	0
mesotrione + atrazine 2.5 + 25% SC	165	2	5	8	0	0	0
control	-	0	0	0	0	0	0

[1/] DAA = Days after application

[2/] Phytotoxicity was assessed by visual rate from 0-10; 0 = normal, 1-3 = slightly toxic, 4-6 = moderately toxic, 7-9 = severely toxic, 10 = completely killed

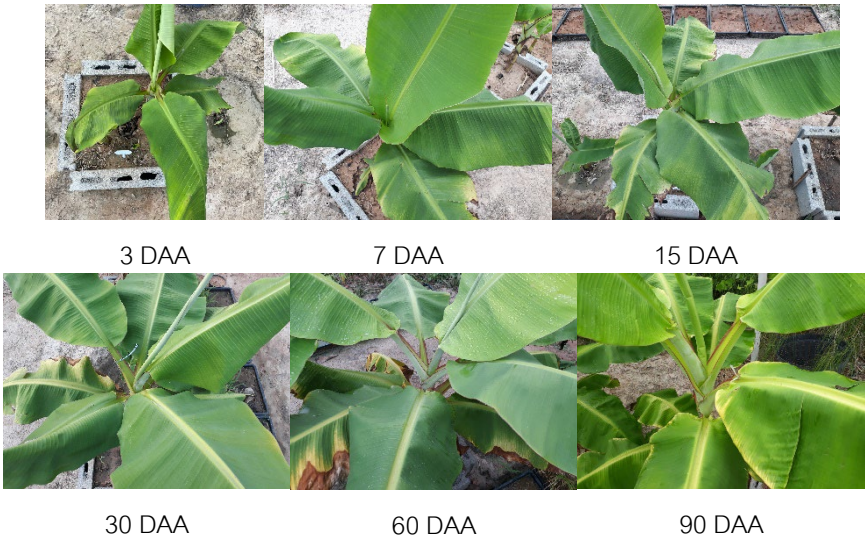


Fig. 1 Effect of alachlor+atrazine herbicides on phytotoxicity of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong' at 3, 7, 15, 30, 60 and 90 days after application (DAA)

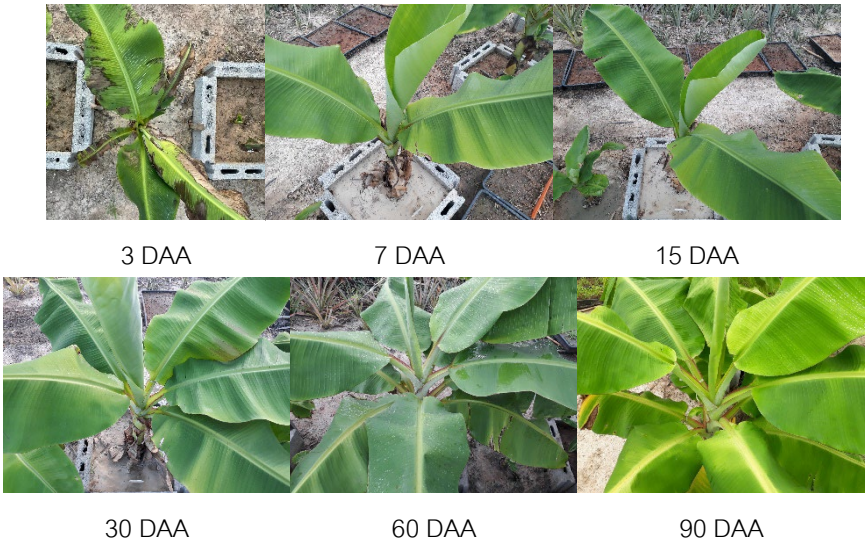


Fig. 2 Effect of ametryn+atrazine herbicides on phytotoxicity of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong' at 3, 7, 15, 30, 60 and 90 days after application (DAA)

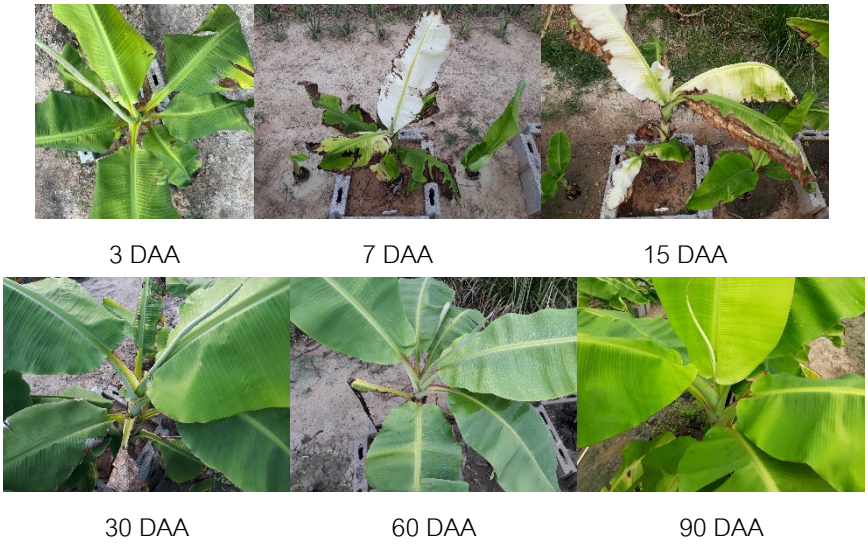


Fig. 3 Effect of mesotrione+atrazine herbicides on phytotoxicity of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong' at 3, 7, 15, 30, 60 and 90 days after application (DAA)

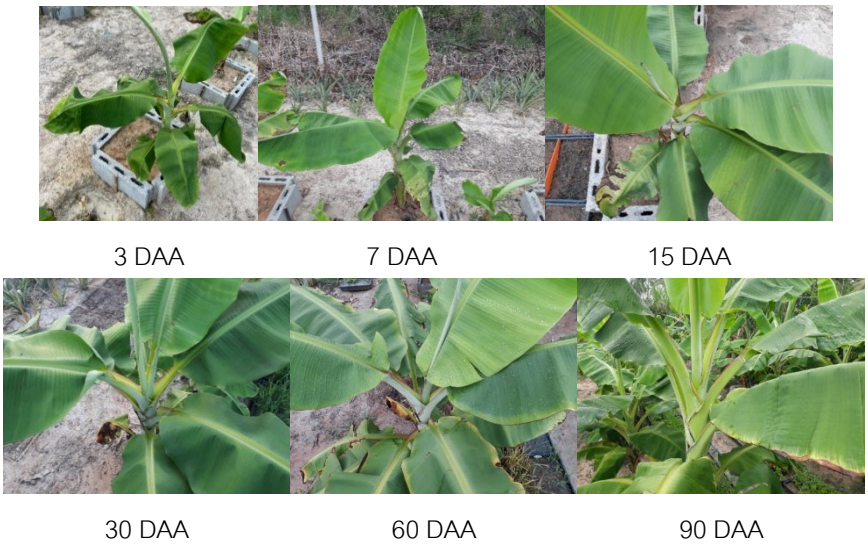


Fig. 4 Control of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong' at 3, 7, 15, 30, 60 and 90 days after application (DAA)

การเจริญเติบโตของกล้วยหอม

ผลของสาร alachlor + atrazine, ametryn + atrazine และ mesotrione + atrazine ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอม (Tables 2–3) พบว่า ความสูงของต้นกล้วยหอมที่ระยะก่อนพ่นสารในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงอยู่ระหว่าง 43.2–44.0 เซนติเมตร เมื่อเข้าสู่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร กรรมวิธีพ่นสาร mesotrione + atrazine มีค่าน้อยที่สุด แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสาร alachlor + atrazine, ametryn + atrazine และกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช ในขณะที่ระยะ 60 และ 90 วันหลังพ่นสาร ทุกกรรมวิธีที่พ่นสารมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงอยู่ระหว่าง 64.2–73.8 และ 74.2–89.6 เซนติเมตร น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช ที่มีความสูง 97.4 และ 116.8 เซนติเมตร เช่นเดียวกับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้วยหอม ที่ระยะ 90 วัน

หลังพ่นสาร ซึ่งพบว่ากรรมวิธีพ่นสาร mesotrione + atrazine มีค่าน้อยที่สุด แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสาร alachlor + atrazine, ametryn + atrazine และกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช เนื่องจากกรรมวิธีพ่นสาร mesotrione + atrazine พบความเป็นพิษปานกลาง ที่ระยะ 7 วันหลังพ่นสาร จากนั้นที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสาร ความเป็นพิษเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับรุนแรง จึงส่งผลให้กล้วยหอมชะงักการเจริญเติบโต เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ สอดคล้องกับจำนวนใบที่พบว่าระยะก่อนพ่นสารในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีจำนวนใบอยู่ระหว่าง 4.6–5.0 ใบต่อต้น จากนั้นที่ระยะ 30, 60 และ 90 วันหลังพ่นสาร กรรมวิธีพ่นสาร mesotrione + atrazine มีค่าน้อยที่สุด แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสาร alachlor + atrazine, ametryn + atrazine และกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช สำหรับจำนวนหน่อของกล้วยหอม พบว่า ที่ระยะก่อนพ่นสารและระยะ 30 วันหลังพ่นสาร กล้วยหอมยังไม่มีการแตกหน่อ เมื่อเข้าสู่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร กรรมวิธีพ่นสาร mesotrione + atrazine มีค่าน้อยที่สุด แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสาร alachlor + atrazine และ ametryn + atrazine โดยมีจำนวนหน่ออยู่ระหว่าง 1.6–3.0 หน่อต่อต้น เมื่อเข้าสู่ระยะ 90 วันหลังพ่นสาร ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีจำนวนหน่ออยู่ระหว่าง 2.6–4.0 หน่อต่อต้น

ทั้งนี้กรรมวิธีพ่นสาร mesotrione + atrazine มีองค์ประกอบของการเจริญเติบโตต่าง ๆ โดยเฉพาะจำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของกล้วยหอมน้อยที่สุด แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ เนื่องจากพบความเป็นพิษรุนแรง ที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสาร โดยใบอ่อนมีอาการฟอกขาวซีด ใบอื่น ๆ เนื้อใบแห้งและไหม้มากกว่า 50% ของพื้นที่ใบ ซึ่งสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวมีกลไกการทำลายพืชโดยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ HPPD ทำให้พืชไม่สามารถสร้างแคโรทีนอยด์เพื่อปกป้องการสลายตัวด้วยแสงของคลอโรฟิลล์ (ทศพล, 2560; Shaner et al., 2014) จึงส่งผลให้ใบกล้วยหอมที่เจริญเติบโตเต็มที่ (mature leaf) ซึ่งคือแหล่งสร้างอาหาร (source) ของพืชที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงถูกทำลายไป (พูนพิภพ, 2549) จึงส่งผลให้กล้วยหอมชะงักการเจริญเติบโตในระยะแรก เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ เช่นเดียวกับที่ Simarmata et al. (2017) รายงานว่า การพ่นสารผสมระหว่าง mesotrione และ atrazine ในข้าวฟ่างหวาน ช่วงอายุ 2–4 สัปดาห์ พบว่า ข้าวฟ่างหวานอายุ 4 สัปดาห์ แสดงความเป็นพิษน้อยกว่าที่อายุ 3 และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ ในขณะที่หลายประเทศมีการใช้สารกำจัดวัชพืช ametryn, aromatic oil, atrazine, dalapon, diuron และ paraquat เช่น สหรัฐอเมริกาและอินเดีย เพื่อกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกกล้วย ซึ่งสามารถควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่เป็นพิษต่อกล้วย อีกทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน (Romanowski et al., 1967; Choudhury et al., 2016; Shivashenkaramurthy et al., 2020) รวมถึง Rana and Rana (2016) ทดสอบผสมสารกำจัดวัชพืช ประเภทพ่นก่อนและหลังวัชพืชงอก ได้แก่ alachlor, ametryn, diuron และ simazine พบว่า สามารถควบคุมวัชพืชในแปลงกล้วยได้เป็นระยะเวลานาน อย่างไรก็ตามควรศึกษาถึงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตเพิ่มเติม เนื่องจากองค์ประกอบของการเจริญเติบโตของกล้วยหอมในกรรมวิธีพ่นสารกำจัดวัชพืชแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช ที่ระยะ 90 วันหลังพ่นสาร ซึ่งอาจจะมีผลต่อผลผลิตในอนาคต

Table 2 Effect of herbicides on growths of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong' at 0, 30, 60 and 90 days after application

Treatments	Rates (g ai/rai)	Growths of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong'					
		Plant height (cm)				Fresh weight (g)	Dry weight (g)
		0 DAA[1/]	30 DAA	60 DAA	90 DAA	90 DAA	90 DAA
alachlor+atrazine 33%+14% SE	235	43.2	56.6[b]	73.8[b]	89.6[b]	4,175.0[b]	307.2[b]
ametryn+atrazine 40%+40% WP	400	44.0	56.8[b]	72.0[b]	88.0[b]	4,280.0[b]	319.8[b]
mesotrione+atrazine 2.5+25% SC	165	43.6	49.4[c]	64.2[b]	74.2[b]	1,737.6[c]	177.2[c]
control	-	43.6	71.4[a]	97.4[a]	116.8[a]	5,405.0[a]	441.6[a]
F-test		ns	*	*	*	*	*
C.V. (%)		3.9	5.5	10.8	15.3	12.3	7.7

[1/] DAA = Days after application

* = significant at $p<0.05$ ns = not significant

Means within the same column followed by the same letter are not signification different by Duncan Multiple Range Test at $p< 0.05$

Table 3 Effect of herbicides on Number of Leaves and Number of Suckers of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong' at 0, 30, 60 and 90 days after application

Treatments	Rates (g ai/rai)	Growths of *Musa* (AAA) 'Kluai Hom Thong'							
		Number of Leaves (Leaves/plant)				Number of Suckers (Suckers/plant)			
		0 DAA[1/]	30 DAA	60 DAA	90 DAA	0 DAA	30 DAA	60 DAA	90 DAA
alachlor+atrazine 33%+14% SE	235	5.0	9.6[a]	14.6[a]	17.4[a]	0.0	0.0	3.0[ab]	3.6
ametryn+atrazine 40%+40% WP	400	5.0	9.6[a]	14.8[a]	17.8[a]	0.0	0.0	3.0[ab]	3.6
mesotrione+atrazine 2.5+25% SC	165	4.6	6.2[b]	11.8[b]	14.6[b]	0.0	0.0	1.6[b]	2.6
control	-	4.6	9.4[a]	15.0[a]	17.8[a]	0.0	0.0	3.8[a]	4.0
F-test		ns	*	*	*			*	ns
C.V. (%)		15.6	8.9	7.4	6.0			36.1	27.6

[1/] DAA = Days after application

* = significant at $p<0.05$ ns = not significant

Means within the same column followed by the same letter are not signification different by Duncan Multiple Range Test at $p< 0.05$

สรุป

การพ่นสารกำจัดวัชพืช alachlor + atrazine 33% + 14% SE และ ametryn + atrazine 40% + 40% WP อัตรา 235 และ 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีความเป็นพิษเล็กน้อยและรุนแรง ตามลำดับ ที่ระยะ 3 วันหลังพ่นสาร จากนั้นที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสาร ต้นกล้วยหอมสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ ในขณะที่สารกำจัดวัชพืช mesotrione+atrazine 2.5 + 25% SC อัตรา 165 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีความเป็นพิษรุนแรง ที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสาร เมื่อเข้าสู่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร ต้นกล้วยหอมสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ

อย่างไรก็ตามควรศึกษาถึงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตในสภาพแปลงเพิ่มเติม เนื่องจากการเจริญเติบโตที่ลดลง อาจจะมีผลต่อผลผลิตของกล้วยหอมในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยวัชพืช. 2560. การจำแนก และการจัดการวัชพืชในพืชเศรษฐกิจ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, นนทบุรี.

ทศพล พรพรหม. 2560. สารป้องกันกำจัดวัชพืช: หลักการและกลไกการทำลายพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. 2563. บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2563. https://www.dla.go.th/work/paraquat.pdf,.16 ธันวาคม 2567.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2540. วัชพืชศาสตร์ (Weed Science). โรงพิมพ์ลินคอร์น, กรุงเทพฯ.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2549. ชีววิทยา 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567. สถิติการส่งออกกล้วยสดปี 2566. https://impexpth.oae.go.th/export, 16 ธันวาคม 2567.

เอกรัตน์ ธนูทอง, จรัญญา ปิ่นสุภา, ปรัชญา เอกฐิน. 2566. ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชต่อการควบคุมวัชพืชในแปลงกล้วยหอมทอง. ใน: รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 20 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม, หน้า 2130–2139.

เอกรัตน์ ธนูทอง, จรัญญา ปิ่นสุภา, ภัทร์พิชชา รุจิระพงศ์ชัย, ปรัชญา เอกฐิน, เทอดพงษ์ มหาวงศ์, อุษณีย์ จินดากุล. 2567. ศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (ไกลโฟเซต กลูโฟซิเนต และไดควอต) ในกล้วยหอมทอง. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 62 (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 313–321.

Choudhury, P.P., Singh, R., Ghosh, D., Sharma, A.R. 2016. Herbicide Use in Indian Agriculture. ICAR – Directorate of Weed Research, Jabalpur, Madhya Pradesh.

Rana, S.S., Rana, M.C. 2016. Principles and Practices of Weed Management. Department of Agronomy, College of Agriculture, CSK Himachal Pradesh Krishi Vishwavidyalaya, Palampur.

Romanowski, R.R., Crozier, J.A., Tanaka, J.S., Barba, R.C. 1967. Herbicide selectivity trials with bananas (*Musa* spp.) in Hawaii. College of Tropical Agriculture and Human Resources, Hawaii Agricultural Experiment Station, The University of Hawaii.

Shaner, D.L., Jachetta, J.J., Senseman, S., et al. 2014. Herbicide Handbook. 10th ed. Weed Science Society of America. Lawrence, USA.

Shivashenkaramurthy, M., Agasimani, A.D., Roopa, S.P., Manju, M.J., Annapurna, N. 2020. Effect of diuron herbicide on weeds in banana. J Pharmacogn Phytochem. 9: 930–934.

Simarmata, M., Turmudi, E., Sitinjak, J., Setyowati, N. 2017. Different application time of atrazine and mesotrione mixture to control weeds on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Int. J. Agric. Technol. 13: 1761–1772.

Tony Pattison. 2016. Horticulture Innovation Australia. Department of Agriculture and Fisheries (DAF), Banana (R&D Levy), The University of Queensland, Horticulture Innovation Australia Limited.

ผลของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ที่ปนเปื้อนจากผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล

Effects of the biocontrol agent *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 on mycelial fungal contamination inhibition by *Aspergillus* section *Nigri* on Black Opal grapes

วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย*, บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม, กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง, ณัฐกานต์ สาตราภัย

Weeraporn Dejnumbunchachai*, Boonyawadee Chirawut, Ratta Suttayakom, Kanyalak Sanosomneng, Nutthakan Sattrapai

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: tar_doa@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ที่ปนเปื้อนจากผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล โดยพบเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ทุกระยะการเจริญเติบโตของผลองุ่น จากนั้นคัดเลือกเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาแตกต่างกันมา 3 ไอโซเลท คือ *Aspergillus* สายพันธุ์ 5 14 และ19 มาทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* DL9 ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* พบว่าเมื่อปลูกชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* DL9 ก่อนเชื้อรา *Aspergillus* spp. 4 วัน สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus* สายพันธุ์ 5 14 และ 19 ได้ 97.37% 77.73% และ 90.85% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับเมื่อปลูกชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* DL9 พร้อมเชื้อรา *Aspergillus* สายพันธุ์ 5 14 และ 19 พบว่าสามารถยับยั้งเส้นใยของเชื้อราได้น้อยกว่า คือ 33.24% 33.49% และ 29.42% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย, องุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล, แอสเปอร์จิลลัส

Abstract

The objective of this study was to demonstrate the efficacy of the biocontrol agent *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 in controlling mycelial fungal contamination by *Aspergillus* section *Nigri* on Black Opal grapes. *Aspergillus* section *Nigri* was observed at each grape growth stage. Three Aspergillus isolates with different morphologies were collected, specifically isolates 5, 14, and 19, to evaluate the effects of the biocontrol agent *B. amyloliquefaciens* DL9 against mycelial fungal contamination. The results indicated that the inoculation of *B. amyloliquefaciens* DL9 four days before *Aspergillus* spp. inhibited the growth of *Aspergillus* mycelium isolates 5, 14, and 19 by 97.37%, 77.73%, and 90.85%, respectively. In comparison, when the biocontrol agent *B. amyloliquefaciens* DL9 was simultaneously applied with *Aspergillus* spp. Showed *Aspergillus* mycelial growth isolates 5, 14, and 19 inhibition by 33.24%, 33.49%, and 29.42%, respectively.

Keyword: Aspergillus, Biocontrol agent, Black opal grapes

คำนำ

จากผลการสำรวจในแปลงปลูกองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล จังหวัดนครราชสีมา พบการปนเปื้อนเชื้อราบนผลองุ่นสดในดิน และอากาศบริเวณแปลงปลูกปริมาณสูง เนื่องจากเกษตรกรเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตผลองุ่นไปแล้ว องุ่นที่เน่าก็ทำการตัดทิ้งลงมาที่พื้น ทำให้เกิดการสะสมเชื้อราในดิน เมื่อฝนตกเชื้อราจากในดินก็จะกระจายสู่อากาศและติดที่ผลองุ่น เชื้อราที่พบส่วนใหญ่คือ เชื้อรา *Aspergillus aculatus, Aspergillus niger* และ *Penicillium* spp. (วีรภรณ์, 2561) ซึ่งเชื้อราดังกล่าวสร้างสารพิษโอคราทอกซิน เอ ดังนั้นการลดปริมาณเชื้อราและสารพิษจึงเป็นสิ่งสำคัญมากเพราะส่งผลต่อผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว ปัจจุบันการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์เป็นอีกวิธีที่สามารถลดเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราได้ผลดี เช่น *Bacillus amyloliquefaciens* ASAG1 สามารถทำลายสารพิษโอคราทอกซิน เอ ได้ (Chang et al., 2015) โดยการทดลองนี้ใช้แบคทีเรีย *B. Amyloliquefaciens* DL9 ซึ่งเคยมีงานทดลองมาแล้วในเงาะว่าสามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคผลเน่าของเงาะที่ปลูกเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* ได้ 57.82% (บุญญวดี, 2560) มาทดลองในองุ่นโดยเชื้อราที่ทดลองนี้เป็นเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* section *Nigri* ซึ่งสามารถสร้างสารพิษได้ เช่น สารพิษโอคราทอกซิน เอ ซึ่งเป็นสารพิษที่อันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ ทำให้เกิดความผิดปกติของไต (Meca et al., 2010) เป็นพิษต่อระบบภูมิคุ้มกัน (immunotoxic) ดังนั้นองค์กร International Agency for Research on Cancer (IARC) จัดให้สารพิษโอคราทอกซิน เอ เป็นสารที่อาจก่อมะเร็งได้ในมนุษย์จัดอยู่ในกลุ่ม 2B (IARC, 1993) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* DL9 ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ที่ปนเปื้อนจากผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย B. amyloliquefaciens DL9 *ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา Aspergillus section Nigri ที่ปนเปื้อนจากผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล*

คัดเลือกเชื้อรา Aspergillus section Nigri จากผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล

แยกเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ในผลองุ่น ด้วยวิธี Direct plate count คัดเลือกผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลจากแปลงเกษตรกร ที่สมบูรณ์และไม่เป็นโรค เก็บผลองุ่น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ผลองุ่นดิบ หลังการติดผล 60–70 วัน ระยะที่ 2 ระยะผลองุ่นเริ่มสุก หลังการติดผล 90–100 วัน และระยะที่ 3 ผลสุก หลังการติดผล 120 วัน โดยทุกระยะจะเก็บตัวอย่างละ 5 ซ้ำๆ 1 กิโลกรัม สุ่มผลองุ่นจากตัวอย่างที่เก็บมาจำนวน 5 ช่อ ๆ ละ 20 ผล มาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อรา potato dextrose agar (PDA) จำนวน 5 ผล ต่อจานเลี้ยงเชื้อ เก็บที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C เป็นเวลา 5 วัน ย้ายชิ้นส่วนของเส้นใยดังกล่าว ไปเลี้ยงบนจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร PDA อีกครั้ง เพื่อแยกเชื้อราให้บริสุทธิ์และคัดเลือกเชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* section *Nigri* ที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยนำข้อมูลลักษณะสัณฐานที่บันทึกไว้มาจัดจำแนกโดยเปรียบเทียบกับเอกสารอ้างอิงที่มีรายงาน (Raper and Fennell, 1965) เพื่อใช้ในทดสอบขั้นต่อไป

ทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย B. amyloliquefaciens DL9 *ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา Aspergillus* section *Nigri*

นำชีวภัณฑ์แบคทีเรียสายพันธุ์ *B. amyloliquefaciens* DL9 มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* section *Nigri* (คัดเลือกจากหัวข้อ 1) ที่ปนเปื้อนในองุ่นผลสด ด้วยวิธี Dual culture test

โดยหยดชีวภัณฑ์แบคทีเรีย ความเข้มข้น 1 × 10^8 CFU บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 4 จุดๆละ 5 ไมโครลิตร จากนั้นปลูกเชื้อสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Aspergillus* spp. ความเข้มข้น 1 × 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยการหยดตรงกลางอาหารเลี้ยงเชื้อ จำนวน 5 ไมโครลิตร (Fig. 1) บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C เป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี จำนวน 12 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ปลูกเชื้อชีวภัณฑ์แบคทีเรีย DL 9 พร้อมเชื้อรา *Aspergillus* spp. 0 วัน

กรรมวิธีที่ 2 ปลูกเชื้อชีวภัณฑ์แบคทีเรีย DL 9 ก่อนเชื้อรา *Aspergillus* spp. 1 วัน

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกเชื้อชีวภัณฑ์แบคทีเรีย DL 9 ก่อนเชื้อรา *Aspergillus* spp. 2 วัน

กรรมวิธีที่ 4 ปลูกเชื้อชีวภัณฑ์แบคทีเรีย DL 9 ก่อนเชื้อรา *Aspergillus* spp. 3 วัน

กรรมวิธีที่ 5 ปลูกเชื้อชีวภัณฑ์แบคทีเรีย DL 9 ก่อนเชื้อรา *Aspergillus* spp. 4 วัน

<u>บันทึกผล</u> โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญโดยเปรียบเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อรา *Aspergillus* spp. ที่วางพร้อมกันในแต่ละวัน

คำนวณ % inhibition in mycelia growth ตาม Equation 1:

$$\% \text{ inhibition in mycelia growth} = [(A - B) / C] \times 100 \quad (1)$$

A = Average diameter of a fungal colony grown on PDA media (*Aspergillus* spp.)

B = Average diameter of a fungal colony grown on PDA media supplemented with 4 biocontrol agent spots (Biocontrol agent)

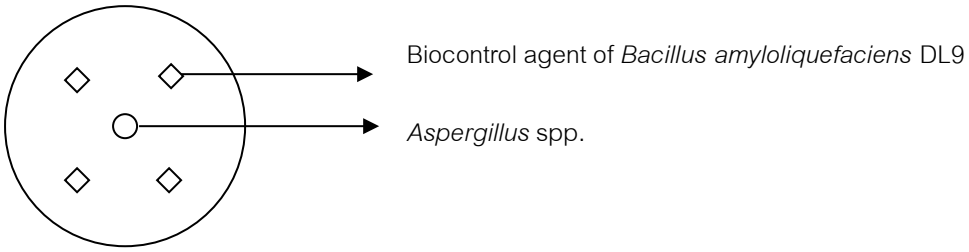


Fig. 1 Antagonistic activity of the biocontrol agent against *Aspergillus* mycelial growth inhibition

การเตรียมชีวภัณฑ์ Bacillus amyloliquefaciens DL9 (บุญญวดี, 2567)

เลี้ยงแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* DL9 ในอาหารเหลว tryptic soy broth (TSB) 300 มิลลิลิตร เขย่า 130 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นนำไปตกตะกอนเซลล์ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง 3,500 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4°C 15 นาที นำเฉพาะเซลล์ของแบคทีเรียมาทำการเจือจางความเข้มข้นด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ ปรับความเข้มข้นของเชื้อด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ให้มีค่า OD เท่ากับ 1 ที่ความยาวของคลื่นแสง 600 นาโนเมตร นำแบคทีเรีย 20 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 20 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อัตราความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำแบคทีเรียที่ผ่านการเขย่า 20 นาที ผสมกับแป้งข้าวเจ้า 100 กรัม น้ำมันถั่วเหลือง 1 มิลลิลิตร และน้ำตาลทราย 10 กรัม (ส่วนผสมของชีวภัณฑ์นำมานึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่องอบความชื้นความดันสูง (autoclave) 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที) นำส่วนผสมไปทำให้แห้ง โดยใช้เตาอบอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง บรรจุใส่ถุงฟอยล์ 50 กรัมต่อถุง ตรวจปริมาณแบคทีเรียด้วยวิธี standard plate counts

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย B. amyloliquefaciens DL9 *ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา Aspergillus section Nigri ที่ปนเปื้อนจากผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล*

คัดเลือกเชื้อรา Aspergillus section Nigri จากผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล

จากการเก็บตัวอย่างองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลจากแปลงเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมา โดยแยกเชื้อราปนเปื้อนบนผลองุ่น 3 ระยะการเจริญเติบโต ระยะที่ 1 ผลองุ่นดิบ หลังการติดผล 60–70 วัน ระยะที่ 2 ระยะผลองุ่นเริ่มสุก หลังการติดผล 90–100 วัน และระยะที่ 3 ผลสุก หลังการติดผล 120 วัน พบว่าทุกระยะการเจริญเติบโตของผลองุ่นพบเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* โดยแยกเชื้อราได้จำนวน 20 ไอโซเลท (Fig. 2) จากนั้นคัดเลือกเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาแตกต่างกัน คือมา 3 ไอโซเลท คือ *Aspergillus* isolate 5 *Aspergillus* isolate 14 และ *Aspergillus* isolate 19 มีลักษณะดังนี้

Aspergillus isolate 5 ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีสีดำ สร้าง conidial head สีดำรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6–7 ไมโครเมตร conidiophore จะยาว เรียบ ผนังหนา ใส conidia เซลล์เดียว รูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.44–8.88 ไมโครเมตร (Fig. 3) ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aspergillus carbonarius*

Aspergillus isolate 14 ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ conidial head มีสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม รูปร่างกลม ขนาดใหญ่ เมื่อแก่แตกเป็นหลายแฉกในแนวรัศมี conidiophore ใส ไม่มีสี ผนังเรียบ ส่วนปลายพองออกเป็นรูปวงกลมเรียกว่า vesicle ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40-50 ไมโครเมตร มี metulae และ phialide (biserial Aspergilla) conidia เซลล์เดียว รูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 3-4 ไมโครเมตร สีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ส่วนใหญ่ผนังมีหนามขรุขระ (Fig. 3) ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aspergillus Niger*

Aspergillus isolate 19 ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีสีน้ำตาล conidial head รูปร่างกลมในช่วงแรก และยืดออกแนวตรงในขนาดใหญ่ conidiophore ไม่มีสีหรือมีสีน้ำตาลอ่อน ผนังเรียบ vesicle มีรูปร่างยืดยาวในช่วงแรกเมื่อการพัฒนาเต็มที่จะมีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50–80 ไมโครเมตร conidia เซลล์เดียว ผนังขรุขระ รูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5–5.0 ไมโครเมตร (Fig. 3) ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aspergillus aculeatus*

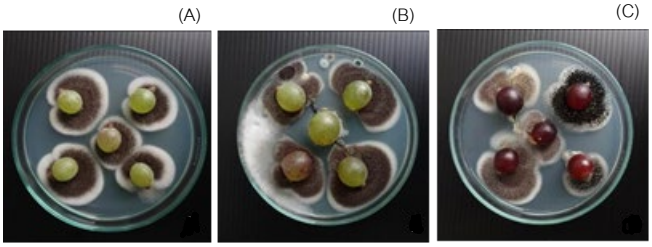


Fig. 2 Grape fruits contaminated with fungi at various stages of growth

A. stage 1 = 60–70 days after fruit set
B. stage 2 = 90–100 days after fruit set
C. stage 3 = 120 days after fruit set

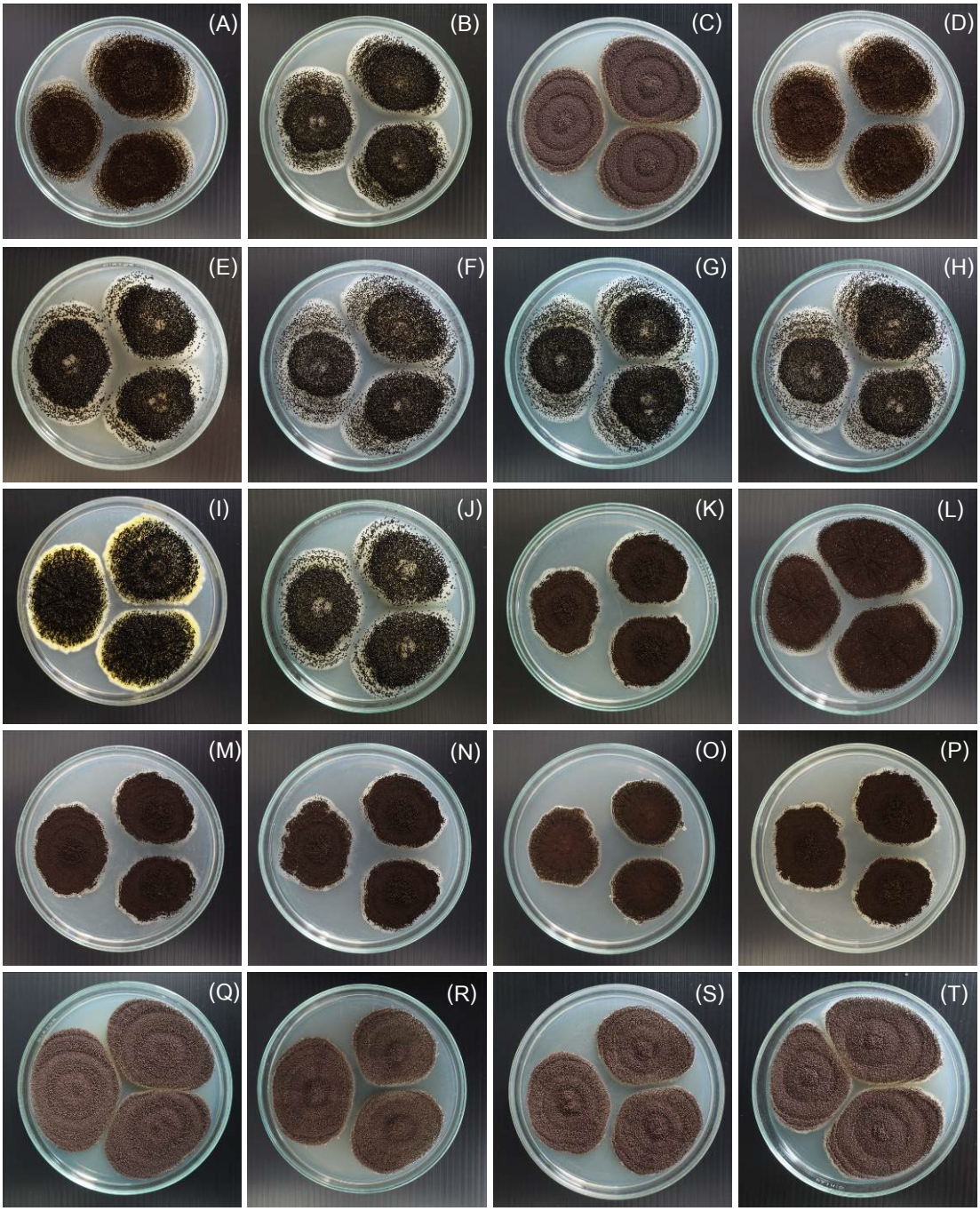


Fig. 3 Colonies of *Aspergillus* isolates at various contaminated grape stages, grown on PDA media and stored at 25 ± 2°C for 7 days

A. *Aspergillus* isolate 1 B. *Aspergillus* isolate 2 C. *Aspergillus* isolate 3
D. *Aspergillus* isolate 4 E. *Aspergillus* isolate 5 F. *Aspergillus* isolate 6
G. *Aspergillus* isolate 7 H. *Aspergillus* isolate 8 I. *Aspergillus* isolate 9
J. *Aspergillus* isolate 10 K. *Aspergillus* isolate 11 L. *Aspergillus* isolate 12
M. *Aspergillus* isolate 13 N. *Aspergillus* isolate 14 O. *Aspergillus* isolate 15
P. *Aspergillus* isolate16 O. *Aspergillus* isolate17 R. *Aspergillus* isolate 18

Aspergillus carbonarius (isolate 5)

Aspergillus Niger (isolate 14)

Aspergillus aculeatus (isolate 19)

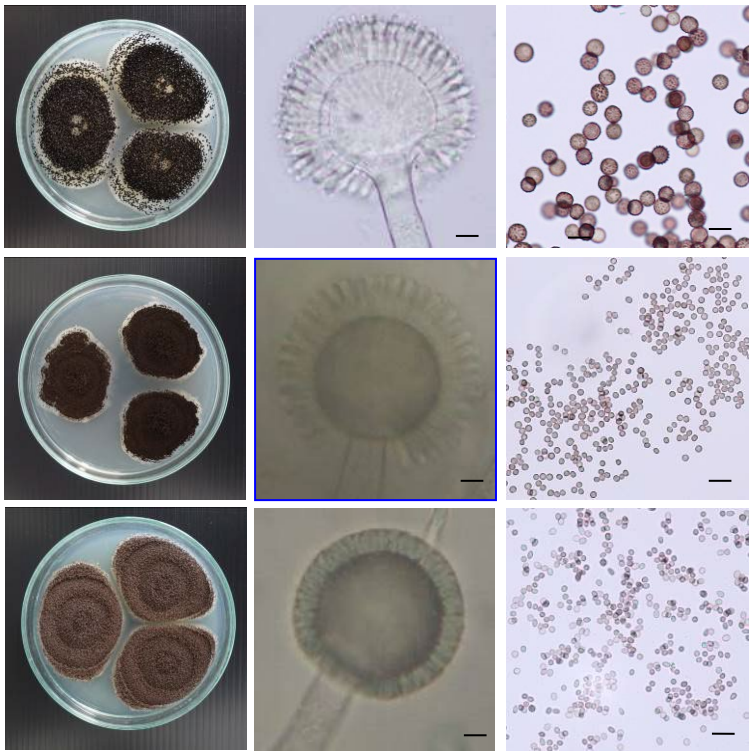


Fig. 4 Morphology of *Aspergillus* section *Nigri*, scale bars:10 μm

ทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย B. amyloliquefaciens DL9 *ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา Aspergillus* section *Nigri*

ระยะเวลาในการหยดชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* DL9 ก่อนเชื้อรา *Aspergillus* spp. มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus* sp. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าเมื่อหยดชีวภัณฑ์แบคทีเรีย DL 9 ก่อนเชื้อรา *Aspergillus* spp. 4 วัน สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus* spp. ได้ดีที่สุด โดยชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* DL9 สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย *Aspergillus* sp. สายพันธุ์ 5 14 และ 19 ได้ 97.37 77.73 และ 90.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับเมื่อหยดชีวภัณฑ์แบคทีเรีย DL9 พร้อมเชื้อรา *Aspergillus* sp. สายพันธุ์ 5 14 และ 19 พบว่าสามารถยับยั้งเส้นใยของเชื้อราได้เช่นกัน แต่ยับยั้งเส้นใยของเชื้อราน้อยกว่า คือ 33.24 33.49 และ 29.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table1, Fig.5) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Raut et al. (2014) ในการศึกษาสารต้านทานเชื้อรา (antifungal) ที่เชื้อแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* 1014 สร้างขึ้น พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* 1014 สร้างสารต้านทานเชื้อราสูงที่สุดที่ระยะเวลา 96–120 ชั่วโมง (4–5 วัน) และเมื่อทดสอบเชื้อแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* 1014 ในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* ด้วยวิธี dual culture technique พบว่าที่ระยะเวลา 96–120 ชั่วโมง สามารถยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* สูงสุดที่ 19.5 มิลลิเมตร แต่เมื่อระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงยาวนานขึ้นสารต้านเชื้อราจะลดลง และสารต้านเชื้อราที่สร้างโดยเชื้อแบคทีเรียบางสายพันธุ์ เช่น แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* SC-B15 สามารถเข้าทำลายเส้นใยและสปอร์ ในขณะเดียวกันก็ส่งผลต่อการแสดงออกยีนในเส้นทางการส่งสัญญาณการรักษาความสมบูรณ์ของผนังเซลล์และสารทุติยภูมิ (Zhao et al., 2023)

Table 1 Effects of the biocontrol agent *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 at various application periods against *Aspergillus* mycelial growth causing fungal contamination on grapes, on PDA media and stored at 25 ± 2°C for 7 days.

Treatment	Inhibition of mycelia growth (%)[(1)]		
	Aspergillus 5	*Aspergillus* 14	*Aspergillus* 19
Apply DL9 simultaneously with *Aspergillus* spp.	33.24^{e}	33.49^{e}	29.42^{e}
Apply DL9 before *Aspergillus* spp. for 1 day	46.82^{d}	44.78^{d}	42.89^{d}
Apply DL9 before *Aspergillus* spp. for 2 day	58.77^{c}	57.63^{c}	65.73^{c}
Apply DL9 before *Aspergillus* spp. for 3 day	82.93^{b}	73.36^{b}	80.50^{b}
Apply DL9 before *Aspergillus* spp. for 4 day	97.37^{a}	77.83^{a}	90.85^{a}
CV(%)	8.20	5.32	6.56

[(1)] Mean in the same column followed by different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

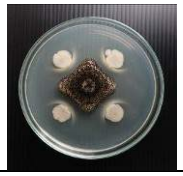
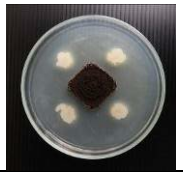
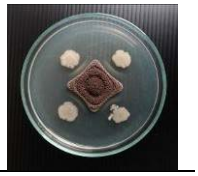
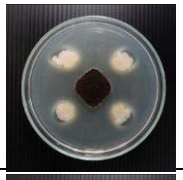
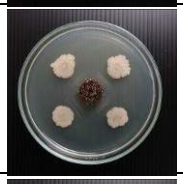
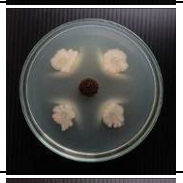
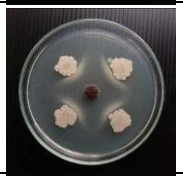
Treatment	*Aspergillus* 5	*Aspergillus* 14	*Aspergillus* 19
Apply DL9 simultaneously with *Aspergillus* spp.			
Apply DL9 before *Aspergillus* spp. for 1 day			
Apply DL9 before *Aspergillus* spp. for 2 day			
Apply DL9 before *Aspergillus* spp. for 3 day			
Apply DL9 before *Aspergillus* spp. for 4 day			

Fig. 5 Efficacy of the biocontrol agent *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 at various application periods in controlling mycelial fungal contamination by *Aspergillus* spp. on PDA and incubated at 25 ± 2°C for 7 days

สรุป

การปลูกชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* DL9 ที่ความเข้มข้น 1 × 10^{8} CFU ก่อนเชื้อรา *Aspergillus* spp. 4 วัน สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus* spp. ได้ดีที่สุด โดยยับยั้ง *Aspergillus* สายพันธุ์ 5 14 และ 19 ได้ 97.37% 77.73% และ 90.85% เนื่องจากชีวภัณฑ์แบคทีเรียสร้างสารต้านเชื้อรายับยั้งการเจริญของเชื้อรา เมื่อปลูกชีวภัณฑ์แบคทีเรียในระยะเวลาที่นานขึ้น ทำให้มีการสร้างสารต้านเชื้อราเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้การยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *Aspergillus* spp. มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่ช่วยให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

บุญญวดี จิระวุฒิ, อมรา ชินภูติ, รัตตา สุทธยาคม. 2560. โรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยวและการควบคุมโดยแบคทีเรียปฏิปักษ์. วารสารวิชาการเกษตร. 35: 229–242.

บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม, วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง, ณัฐกานต์ สาตราภัย .2567. การใช้ชีวภัณฑ์ *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 ควบคุมโรคขั้วหวีเน่าของกล้วยหอม. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 62. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 330–337.

วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม. 2561. การปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ที่พบในผลองุ่นจากแปลงปลูก. วารสารวิชาการเกษตร. 36: 67–80.

Chang, X., Wu, Z., Wu, S., Dai, Y., Sun, C. 2015. Degradation of ochratoxin A by *Bacillus amyloliquefaciens* ASAG1. Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess. 32: 564–571. doi: 10.1080/19440049.2014.991948.

IARC. (1993). Monograph on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Some naturally occurring substance: Food items and constituents, heterocyclic aromatic amines, and mycotoxins. Internatonal Agency for Research on Cancer. 56: 489.

Meca, G., Blaiotta, G., Ritieni, A. 2010. Reduction of ochratoxin A during the fermentation of Italian red wine Moscato. Food Control. 21: 579–583.

Raper, K.B., Fennell, D.I. 1965. The genus *Aspergillus*. The William and Wilkins Company: Baltmore.

Raut, I., Calin, M., Lazaroaie, M.M., Roseanu, A., Badea-Doni, M., Oancea, F., Jecu, L. 2014. Inhibition of Toxigenic *Aspergillus niger* by Microbial Metabolites. Revista de Chimie. 65: 779–783.

Zhao, Z., Liu, D., Ruan, L., Wang, T., Liamng, Z. 2023. Antifungal mechanism *of Bacillus amyloliquefaciens* SC-B15 and its application in cereal mildewproof and grape preservation. Food Biosci. 56: 103287. doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103287.

ประสิทธิภาพของไอน้ำมันหอมระเหยในการต้านเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวขององุ่นรับประทานสด

Efficacy of essential oil vapors in controlling postharvest fungal pathogens on table grapes

นภัสสร เลียบวัน*, **วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, ศิวัช พลายเสน, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร**

Napatsorn Leabwan*, Weeraporn Dejnumbunchachai, Siwat Plaisen, Wimonwan Wattanawichit

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

เชื้อราเป็นสาเหตุสำคัญของการเน่าเสียหลังการเก็บเกี่ยวองุ่น ส่งผลต่อคุณภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของไอน้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด ได้แก่ น้ำมันอบเชยจีน น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันดอกกานพลู น้ำมันใบกานพลู น้ำมันตะไคร้บ้าน น้ำมันโป๊ยกั๊ก และน้ำมันโหระพา ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียขององุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล จากการศึกษาพบเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียขององุ่น 5 สกุล ได้แก่ *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. เมื่อทดสอบการยับยั้งด้วยไอของน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี vapor diffusion พบว่าน้ำมันอบเชยจีนซึ่งมี *trans*-Cinnamaldehyde เป็นองค์ประกอบ 80.74% แสดงบริเวณยับยั้งเชื้อราทั้ง 5 สกุลสูงที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 50.87 mm, 40.88 mm, 55.23 mm, 53.57 mm และ 20.79 mm ตามลำดับ เมื่อนำมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (MIC) ด้วยวิธี volatile assay พบว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดของไอน้ำมันอบเชยจีนที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทุกสกุล คือ 400 mg/L_{air}

คำสำคัญ: การต้านเชื้อรา, น้ำมันหอมระเหย, ไอระเหย

Abstract

Postharvest fungal decay of table grapes is a significant issue that impacts fruit quality and consumer safety. This study aimed to evaluate the antifungal efficacy of vapors from seven essential oils: cassia oil, citronella oil, clove bud oil, clove leaf oil, lemongrass oil, star anise oil, and sweet basil oil, against spoilage fungi isolated from Black Opal table grapes. Five fungal genera were identified: *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. and *Rhizopus* sp. Vapor diffusion assay demonstrated that cassia oil, which contains 80.74% *trans*-Cinnamaldehyde, exhibited the highest Inhibition zone against all pathogens, with diameters of 50.87 mm, 40.88 mm, 55.23 mm, 53.57 mm, and 20.79 mm, respectively. The minimum inhibitory concentration (MIC) determined by the volatile assay indicated that the lowest concentration of vapors from cassia oil required to inhibit the growth of all fungi were 400 mg/L_{air}.

Keywords: Antifungal activity, Essential oil, Vapor

คำนำ

องุ่นรับประทานสด (*Vitis vinifera* L.) เป็นผลิตผลเกษตรที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยมักประสบปัญหาการเน่าเสียจากการปนเปื้อนและการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อรา ซึ่งจากรายงานพบเชื้อรา *Botrytis cinerea*, *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Rhizopus* spp. และ *Colletotrichum* spp. เป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียและการปนเปื้อนสารพิษในผลิตภัณฑ์องุ่นแปรรูป (วีรภรณ์ และคณะ, 2561; Sukatta et al., 2008) แม้ว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) จะเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราในองุ่นและผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด แต่เนื่องจากความกังวลเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการใช้ SO_2 (Cui et al., 2019) จึงมีการศึกษาวิธีทางเลือกในการควบคุมเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยว

น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) เป็นสารธรรมชาติที่จัดอยู่ในกลุ่มสารปลอดภัย ประกอบด้วยสารประกอบระเหยง่ายหลายชนิด เช่น อัลดีไฮด์ ฟีนอล คีโตน เอสเทอร์ และแอลกอฮอล์ ซึ่งมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้ดีในรูปแบบไอระเหย จากรายงานของ Sivakumar and Bautista-Baños (2014) พบว่าไอของน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด เช่น น้ำมันอบเชย น้ำมันกานพลู น้ำมันออริกาโน น้ำมันโรสแมรี่ น้ำมันตะไคร้ และน้ำมันยูคาลิปตัส สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในผลิตผลทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับผลิตผลโดยตรง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของไอน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในองุ่นรับประทานสดหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นแนวทางทางเลือกที่มีศักยภาพในการทดแทนการใช้ SO_2 ในการจัดการโรคหลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาองค์ประกอบของสารสำคัญของน้ำมันหอมระเหย

นำน้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด ได้แก่ น้ำมันอบเชยจีน น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันดอกกานพลู น้ำมันใบกานพลู น้ำมันตะไคร้บ้าน น้ำมันโป๊ยกั๊ก และน้ำมันโหระพา จากบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน มาวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสำคัญด้วยเครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) ดัดแปลงจากวิธีของ Kloucek et al. (2012) โดยเตรียมสารละลายน้ำมันหอมระเหยโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารละลายปริมาตร 1 ไมโครลิตร ฉีดวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS PerkinElmer Clarus 600 คอลัมภ์ elite-5MS (30 เมตร × 0.25 มิลลิเมตร × 0.25 ไมโครเมตร) โดยใช้ฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพา อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที Split mode 20:1 อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส ปรับขึ้นด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที อุณหภูมิสุดท้าย 250 องศาเซลเซียส คงไว้ 10 นาที อุณหภูมิ Injection port 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ Transfer line และอุณหภูมิ Detector 230 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบสเปกตรัมของตัวอย่างกับสเปกตรัมในฐานข้อมูล Nisit library 2015 โดยแสกนช่วง m/z 35-500 Da ที่ 70 eV ionization

แยกเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียจากองุ่นผลสด

แยกเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียจากองุ่นผลสดพันธุ์แบล็คโอปอลด้วยวิธี tissue transplanting บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ตามวิธีของ Sukatta et al. (2008) บ่มที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จนเชื้อราเจริญออกจากเนื้อเยื่อ ย้ายชิ้นส่วนของเส้นใยดังกล่าว ไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อีกครั้ง เพื่อแยกเชื้อราให้บริสุทธิ์ จากนั้นจำแนกชนิดของเชื้อรา เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ศึกษาฤทธิ์ของไอน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

ทดสอบฤทธิ์ของไอน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี vapor diffusion ดัดแปลงจากวิธีของ Lopez et al. (2005) โดยนำเชื้อราที่แยกได้เพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเวลา 7 วัน สำหรับ *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. และ 3 วัน สำหรับ *Rhizopus* sp. จากนั้นนำมาเตรียมสารละลายสปอร์แขวนลอย ความเข้มข้น 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ผสมปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลอมเหลว 20 มิลลิลิตร โดยใช้เทคนิค pour plate ทิ้งให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นคว่ำจานเพาะเชื้อ นำกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 เซนติเมตร ที่หยดน้ำมันหอมระเหย (ความเข้มข้น 100% โดยปริมาตร) 10 ไมโครลิตร วางบริเวณกลางฝาจานเพาะเชื้อ จากนั้นปิดผนึกด้วยพาราฟิล์ม บ่มอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง สำหรับ *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. และ 24 ชั่วโมง สำหรับ *Rhizopus* sp. โดยมีกระดาษกรองไม่หยดน้ำมันหอมระเหยเป็นชุดควบคุม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 8 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ บันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณการยับยั้ง (Inhibition zone) โดยวัดด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ และคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยชนิดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราดีที่สุด เพื่อทดสอบในขั้นต่อไป

ทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของไอน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (minimum inhibitory concentration: MIC)

ทดสอบ MIC ด้วยวิธี volatile assay ดัดแปลงจากวิธีของ Suwanamornlert et al. (2018) โดยเตรียมน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ด้วยวิธีการเจือจางลงทุกสองเท่า (Two-fold serial dilution) โดยใช้เอทานอลเป็น ตัวทำละลาย หยดปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร จากนั้นนำมาติดใต้ฝาจานเพาะเชื้อ โดยให้มีความเข้มข้นสุดท้ายในจานเพาะเชื้อเท่ากับ 12.5, 25, 50, 100, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตรช่องว่างในจานเพาะเชื้อ (mg/L_{air}) และมีจานเพาะเชื้อที่ไม่ติดกระดาษและติดกระดาษหยดเอทานอลเป็นกรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีควบคุมเชิงลบ จากนั้นปลูกเชื้อราโดยหยดสารละลายสปอร์แขวนลอยความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ลงบริเวณกลางอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ปิดผนึกด้วยพาราฟิล์ม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน สำหรับเชื้อรา *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. และ *Penicillium* sp. และ 3 วัน สำหรับ *Rhizopus* sp. วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 8 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ บันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยวัดด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ และนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ (% Inhibition) ตาม Equation 1 และประเมินค่า MIC จากค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยที่ไม่ปรากฏการเจริญของเชื้อรา (% Inhibition = 100)

$$\% \text{ Inhibition} = [(A - B) / A] \times 100 \qquad (1)$$

Where; A = mycelial growth diameter of the control

B = mycelial growth diameter of the fungi exposed to essential oils at each concentration.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาองค์ประกอบเคมีของน้ำมันหอมระเหย

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด ได้แก่ น้ำมันอบเชยจีน น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันดอกกานพลู น้ำมันใบกานพลู น้ำมันตะไคร้บ้าน น้ำมันโป๊ยกั๊ก และน้ำมันโหระพา ด้วย GC-MS พบว่าน้ำมันหอม

ระเหยแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน (Table 1) โดยน้ำมันอบเชยจีน พบสารสำคัญเป็นองค์ประกอบหลัก คือ *trans*-Cinnamaldehyde ปริมาณ 80.74% น้ำมันดอกกานพลูและน้ำมันใบกานพลู พบสารสำคัญเป็นองค์ประกอบหลักชนิดเดียวกัน คือ Eugenol โดยมีปริมาณแตกต่างกัน คือ 89.61% และ 84.21% ตามลำดับ น้ำมันโป๊ยกั๊กและน้ำมันโหระพา พบสารสำคัญชนิดที่เป็นไอโซเมอร์กันที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ Anethole และ Estragole โดยน้ำมันโป๊ยกั๊กพบ Anethole ปริมาณ 89.38% และน้ำมันโหระพาพบ Estragole ปริมาณ 79.50% สำหรับองค์ประกอบเคมีของน้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมันตะไคร้บ้าน พบสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลักมากกว่าหนึ่งชนิด โดยน้ำมัน ตะไคร้หอมพบ Citronellal สูงที่สุด มีปริมาณ 38.08% รองลงมาคือ Geraniol ปริมาณ 21.93% ขณะที่น้ำมันตะไคร้บ้านพบ สารประกอบ Citral สองชนิดที่เป็นไอโซเมอร์กัน คือ Geranial และ Neral โดยมีปริมาณ 44.60% และ 34.44% ตามลำดับ ซึ่งจากรายงานของ Kloucek et al. (2012) กล่าวว่าสารสำคัญที่พบเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยเป็นตัวกำหนดสมบัติการต้านจุลินทรีย์ โดยฤทธิ์จะเป็นไปตามสารสำคัญหลัก 2–3 ชนิด ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีปริมาณสูง (ปริมาณ 20%–70%) (Bakkali et al., 2008)

Table 1 Major constitutes (over 1%) of essential oils analyzed by GC-MS

Essential oils	Major constitutes	Content (%)*
Cassia oil	*trans*-Cinnamaldehyde	80.74
	D-Limonene	11.45
	Cinnamyl acetate	1.83
	Eugenol	1.07
Citronella oil	Citronellal	38.08
	Geraniol	21.93
	Citronellol	13.10
	D-Limonene	3.78
	Citronellyl acetate	2.68
	Geranyl acetate	2.60
	β-Elemene	2.56
	σ-Cadinene	2.39
	Germacrene D	1.49
	Neoisopulegol	1.30
Clove bud oil	Eugenol	89.07
	Caryophyllene	9.30
	Humulene	1.28
Clove leaf oil	Eugenol	84.21
	Caryophyllene	11.52
	Humulene	1.32
Lemongrass oil	Geranial	44.60
	Neral	34.44
	Camphor	10.89
	α -Myrcene	6.32
	Geraniol	3.84
	Methyl heptanone	1.69
	Geranyl acetate	1.07
Star anise oil	Anethole	89.38
	Estragole	4.07
Sweet basil oil	Estragole	79.50
	Linalool	7.79
	cis- α -Bergamotene	2.53
	α-Ocimene	1.87
	Eucalyptol	1.61

*The volatile content of each essential oil is expressed as a relative percentage (%) by peak area normalization.

การแยกเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียจากองุ่นผลสด

จากการแยกเชื้อราจากผลองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลที่เน่าเสีย พบเชื้อราจำนวน 5 สกุล คือ *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. (Fig. 1) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการพบเชื้อราปนเปื้อนขององุ่นพันธุ์แบล็คโอปอล์จากแปลงปลูกของ วีรภรณ์ และคณะ (2561) และเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียขององุ่นไวท์มะละกาของ Sukatta et al. (2008)

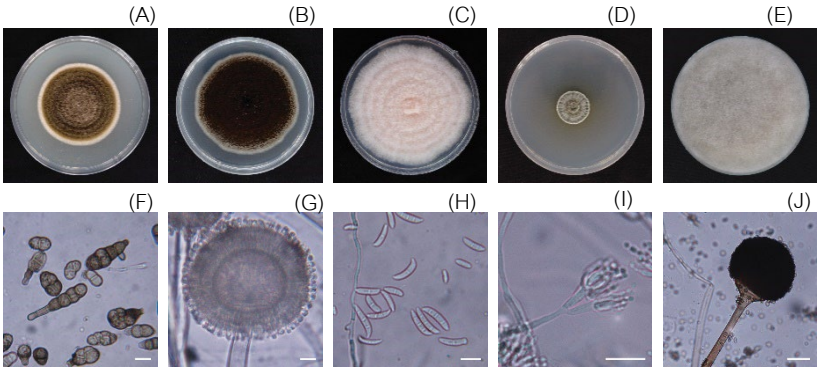


Fig. 1 Colony morphology (A–E) and microscopic morphology (F–J) of spoilage fungi isolated from Black Opal table grapes: *Alternaria* sp. (A, F); *Aspergillus* sp. (B, G); *Fusarium* sp. (C, H); *Penicillium* sp. (D, I); *Rhizopus* sp. (E, J), scale bars:10 µm

การทดสอบฤทธิ์ของไอน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

จากการทดสอบฤทธิ์ของไอน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อให้เกิดการเน่าเสียขององุ่นด้วยวิธี vapor diffusion พบว่าน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2, Fig. 2)

Table 2 Antifungal activity of essential oils against tested fungi by vapor diffusion method

Essential oils	Inhibition zone (mm)*				
	Alternaria sp.	*Aspergillus* sp.	*Fusarium* sp.	*Penicillium* sp.	*Rhizopus* sp.
Control	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{f}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{c}
Cassia	50.87 ± 0.63^{a}	40.88 ± 1.44^{a}	55.23 ± 0.71^{a}	53.57 ± 1.15^{a}	20.79 ± 0.76^{a}
Citronella	26.87 ± 2.68^{c}	19.29 ± 0.95^{c}	17.95 ± 0.74^{d}	16.15 ± 1.68^{d}	0.00 ± 0.00^{c}
Clove bud	32.80 ± 0.69^{b}	23.06 ± 0.57^{b}	33.26 ± 0.87^{b}	27.44 ± 1.77^{b}	11.66 ± 1.04^{b}
Clove leaf	30.72 ± 0.57^{b}	22.74 ± 0.27^{b}	32.45 ± 0.90^{c}	25.74 ± 1.76^{bc}	11.59 ± 1.10^{b}
Lemongrass	27.78 ± 1.30^{d}	17.48 ± 0.45^{d}	14.14 ± 0.43^{e}	24.6 ± 2.00^{c}	0.00 ± 0.00^{c}
Star anise	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{f}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{c}
Sweet basil	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{f}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{c}

*Means ± SD in the same column followed by different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

โดยน้ำมันอบเชยจีน น้ำมันดอกกานพลู และน้ำมันใบกานพลู มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ทั้ง 5 สกุล คือ *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. ซึ่งน้ำมันอบเชยจีนมีขนาดบริเวณยับยั้งเชื้อรามากที่สุดในทุกสกุลของเชื้อรา รองลงมาคือ น้ำมันดอกกานพลู และน้ำมันใบกานพลู ตามลำดับ ขณะที่น้ำมันตะไคร้บ้านและน้ำมันตะไคร้หอม มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้เพียง 4 สกุล คือ *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. และ *Penicillium* sp. โดยน้ำมันตะไคร้บ้านแสดงขนาดบริเวณยับยั้งมากกว่าน้ำมันตะไคร้หอม ยกเว้น *Aspergillus* sp. ที่น้ำมันตะไคร้หอมมีขนาดบริเวณยับยั้งมากกว่า ส่วนน้ำมันโป๊ยกั๊กและน้ำมันโหระพา ไม่

พบบริเวณยับยั้งเชื้อราทั้ง 5 สกุล ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Frankova et al. (2016) ซึ่งพบว่าไอของน้ำมันอบเชยมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* และ *P. expansum* ดีกว่าน้ำมันกานพลู และน้ำมันตะไคร้บ้าน โดย Kloucek et al. (2012) จัดให้ไอของน้ำมันหอมระเหยกลุ่มที่มี Cinnamaldehyde, Eugenol, Geranial, Geraniol, Citronellal เป็นองค์ประกอบหลักมีฤทธิ์การต้านเชื้อราสูง ขณะที่น้ำมันหอมระเหยกลุ่มที่มี Estragole, Carvone และ Menthol มีองค์ประกอบมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราต่ำ

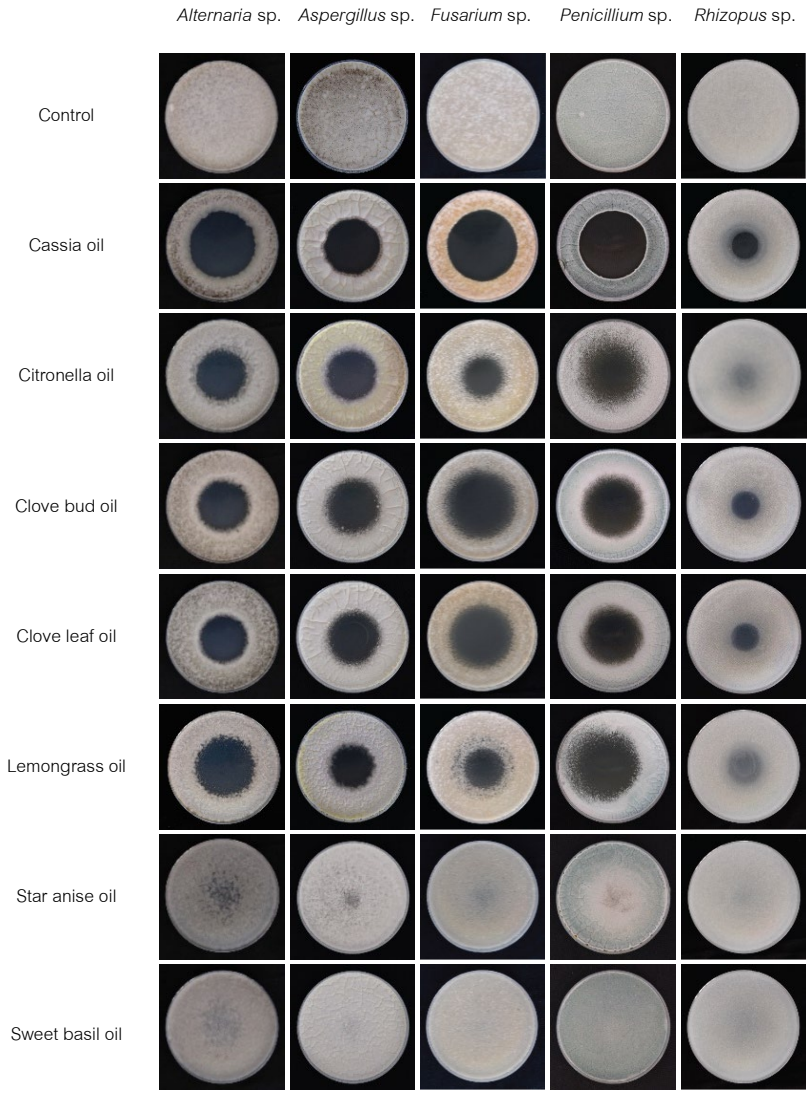


Fig. 2 Zone of inhibition of essential oils against tested fungi by vapor diffusion method

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก สามารถแทรกซึมผ่านผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อราไปรบกวนการทำงานของเซลล์ ทำให้เกิดความไม่สมบูรณ์ของผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ จนเกิดการสูญเสียไอออนต่างๆ ภายในเซลล์เชื้อรา โดยกลไกการออกฤทธิ์แตกต่างกันตามชนิดของจุลินทรีย์ โครงสร้างและชนิดของหมู่ฟังก์ชันของสารสำคัญของน้ำมันหอมระเหย เช่น หมู่อัลดีไฮด์ (-CHO) มีผลในการยับยั้งเอนไซม์ในการสังเคราะห์ผนังเซลล์ ส่งผลให้ผนังเซลล์เสียหายและจุลินทรีย์ไม่สามารถเติบโตได้ตามปกติ ขณะที่หมู่ไฮดรอกซิล (OH) ของฟีนอลมีความสามารถในการให้โปรตอน และสร้างพันธะไฮโดรเจนกับฟอสโฟลิพิดหรือพันธะเอสเตอร์ในเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดี ซึ่งหลายงานวิจัยพบว่า

สารประกอบอัลดีไฮด์ (Cinnamaldehyde) และฟีนอล (Eugenol) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสูง เมื่อเปรียบเทียบกับสารประกอบแอลกอฮอล์ (Citronellol, Geraniol) คีโตน (Camphor, Carvone) เอสเทอร์ (Geranyl acetate) อีเทอร์ (Anethole, Estragole) และไฮโดรคาร์บอน (D-Limonene) ซึ่งมีฤทธิ์การยับยั้งเชื้อราต่ำกว่า ตามลำดับ (Cavanagh, 2007; Van de Vel et al., 2019) โดย Bang et al.(2000) และ Chen et al. (2023) พบว่าพันธะคู่ของหมู่อัลดีไฮด์ของ Cinnamaldehyde มีผลยับยั้งการสังเคราะห์เบต้า-(1,3)-กลูแคนและไคตินซึ่งเป็นโครงสร้างผนังเซลล์ของเชื้อรา ส่งผลให้ผนังเส้นใยบางและเกิดการยุบตัว ยับยั้งการงอกของสปอร์ นอกจากนี้ยังมีผลให้เกิดการลดปริมาณ ergosterol ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดรั่วไหลของไอออน K^+ และ Ca^{2+} จากภายในเซลล์ รวมถึงกระตุ้นการสะสมของ ROS ในเซลล์ ซึ่งจากผลทดลองได้คัดเลือกน้ำมันอบเชยจีนซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราดีที่สุดเพื่อนำไปศึกษาต่อ

ความเข้มข้นต่ำสุดของไอน้ำมันหอมระเหยในการต้านการเจริญของเชื้อรา (minimum inhibitory concentration: MIC)

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี volatile assay พบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันอบเชยจีนเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3) โดยค่า MIC ของไอน้ำมันอบเชยจีนในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราแต่ละสกุลมีค่าแตกต่างกัน เชื้อราที่มีค่า MIC ต่ำที่สุด คือ *Penicillium* sp. มีค่าเท่ากับ 25 mg/L_{air} รองลงมาคือ *Alternaria* sp. *Aspergillus* sp. และ *Fusarium* sp. ซึ่ง MIC มีค่าเท่ากันคือ 50 mg/L_{air} ขณะที่ *Rhizopus* sp. มีค่า MIC มากที่สุดคือ 400 mg/L_{air} ซึ่งจากรายงานของ Sukatta et al. (2008) พบว่าเชื้อรา *A. alternata* และ *A. niger* มีความไวต่อน้ำมันเปลือกอบเชยมากกว่าเชื้อรา *Rhizopus stolonifer* โดยค่า MIC ของไอน้ำมันเปลือกอบเชยที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *A. alternata*, *A. niger* และ *R. stolonifer* มีค่าเท่ากับ 50 mg/mL, 100 mg/mL และ 800 mg/mL ตามลำดับ

Table 3 Inhibition of cassia oil against tested fungi by volatile assay

EOs conc.	% Inhibition*				
(mg_{EOs}/L_{air})	*Alternaria* sp.	*Aspergillus* sp.	*Fusarium* sp.	*Penicillium* sp.	*Rhizopus* sp.
Control	0.00 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00^{d}	0.00 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00^{c}
Ethanol	0.00 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00^{d}	0.00 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00^{c}
12.5	0.00 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00^{c}	7.25 ± 0.56^{c}	5.40 ± 2.10^{b}	0.00 ± 0.00^{c}
25	8.28 ± 1.62^{b}	5.39 ± 3.10^{b}	92.34 ± 0.32^{b}	100.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{c}
50	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{c}
100	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{c}
200	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	95.32 ± 0.56^{b}
400	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}	100.00 ± 0.00^{a}

*Means±SD in the same column followed by different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

สรุป

น้ำมันอบเชยจีนเป็นน้ำมันหอมระเหยที่ไอมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในองุ่นพันธุ์แบล็คโอปอลดีที่สุด โดยน้ำมันอบเชยจีนที่ความเข้มข้น 400 mg/L_{air} สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. ได้

เอกสารอ้างอิง

วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม. 2561. การปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ที่พบในผลองุ่นจากแปลงปลูก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 36: 67–80.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils – a review. Food Chem. Toxicol. 46: 446–475. doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106.

Bang, K.H., Lee, D.W., Park, H.M., Rhee, Y.H. 2000. Inhibition of fungal cell wall synthesizing enzymes by trans-cinnamaldehyde. Biosci. Biotechnol. Biochem. 64: 1061–1063. doi.org/10.1271/bbb.64.1061.

Cavanagh, H.M. 2007. Antifungal activity of the volatile phase of essential oils: a brief review. Nat. Prod. Commun. 2: 1297–1302. doi.org/10.1177/1934578X0700201222.

Chen, J., Wang, H., Chen, Y., Zhu, Q., Wan, J. 2023. Inhibitive effect and mechanism of cinnamaldehyde on growth and OTA production of *Aspergillus niger in vitro* and in dried red chilies. Int. Food Res. 168: p.112794. doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112794.

Cui, H., Abdel-Samie, M.A.S., Lin, L. 2019. Novel packaging systems in grape storage - A review. J. Food Process Eng. 42: p.e13162. doi.org/10.1111/jfpe.13162.

Frankova, A., Smid, J., Bernardos, A., et al. 2016. The antifungal activity of essential oils in combination with warm air flow against postharvest phytopathogenic fungi in apples. Food Control. 68: 62–68. doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.024.

Kloucek, P., Smid, J., Frankova, A., Kokoska,L., Valterova, I., Pavela, R. 2012. Fast screening method for assessment of antimicrobial activity of essential oils in vapor phase. Int. Food Res. 47: 161–165. doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.024.

Sivakumar, D., Bautista-Baños, S. 2014. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. Crop Protection. 64: 27–37. doi.org/10.1016/j.cropro. 2014.05.012.

Sukatta, U., Haruthaithanasan, V., Chantarapanont, W., Dilokkunanant, U., Suppakul, P. 2008. Antifungal activity of clove and cinnamon oil and their synergistic against postharvest decay fungi of grape *in vitro*. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 42: 169–174.

Suwanamornlert, P., Sangchote, S., Chinsirikul, W., Sane, A., Chonhenchob, V. 2018. Antifungal activity of plant-derived compounds and their synergism against major postharvest pathogens of longan fruit in vitro. Int. J. Food Microbiol. 271: 8–14. doi.10.1016/j.ijfoodmicro.2018.02.009.

Van de Vel, E., Sampers, I., Raes, K. 2019. A review on influencing factors on the minimum inhibitory concentration of essential oils. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 59: 357–378. doi.org/10.1080/10408398.2017.1371112.

การสำรวจสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพืชแ ละสิ่งแวดล้อมจากแหล่งปลูกสับปะรดในจังหวัดชลบุรี และระยอง

Survey of pesticide in vegetation and the environment from pineapple crops at Chon Buri and Rayong province

ปภัสรา คุณเลิศ[a,*], **สิริโชค วงศ์ศรีไพศาล**[a], **ประกิจ จันทร์ติ๊บ**[b]

Paphatsara Khunlert[a,*], Sirichok Wongsripaisan[a], Prakit Chuntib[b]

[a]กลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[b]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1

[a]Impact of Pesticide Used Subgroup, Pesticide Research Group, Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agricultural, Bangkok 10900, Thailand

[b]Agricultural Research and Development Region 1

*Corresponding author. E-mail address: daeng_Khu29@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในแหล่งปลูกสับปะรดต่อความเสี่ยงที่มีต่อสุขภาพเกษตรกร และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี และระยอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดิน น้ำ ตะกอนดิน ในฤดูแล้งและฤดูฝน และสับปะรดที่ระยะเก็บเกี่ยว รวมทั้งหมด 90 ตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชจำนวน 66 ชนิด ด้วยเทคนิค Chromatography ผลการตรวจวิเคราะห์พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 50 ตัวอย่าง (55%) ในดินพบสารกำจัดศัตรูพืช 4 ชนิด ได้แก่ atrazine, ametryn, bromacil และ diuron ปริมาณ 0.01–0.30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในน้ำพบสาร 5 ชนิด ได้แก่ atrazine, ametryn, acetochlor, bromacil และ pendimethalin ปริมาณ 0.01–2.09 ไมโครกรัม/ลิตร ในตะกอนดินพบสาร 1 ชนิด คือ ametryn ปริมาณ 0.01–0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่พบสารตกค้างในสับปะรดทุกตัวอย่าง เมื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพด้วยค่า Hazard quotient (HQ) และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยค่า Risk quotient (RQ)ในดิน น้ำ และตะกอนดิน มีค่าน้อยกว่า1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (HQ < 1) และไม่มีความเสี่ยง (RQ < 1) อย่างไรก็ตามเกษตรกรควรคำนึงถึงการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในการเพาะปลูกสับปะรด ลดความเสี่ยงอันตรายจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช

คำสำคัญ: ค่าดัชนีบ่งชี้ความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อม, ค่าดัชนีบ่งชี้อันตราย, แปลงสับปะรด, สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

Abstract

The objectives of this study were to survey the residues of pesticides in pineapple crops and to evaluate the risk of those residues for humans and the environment in Chon Buri and Rayong Provinces. Soil, water, sediment, and pineapple were collected (n=90) in dry and wet seasons and analyzed using chromatography. The results showed that the pesticides were found in 50 samples (55%). In soil, the total levels of 4 pesticides, including atrazine, ametryn, bromacil, and diuron, were 0.01–0.30 mg/kg. The total levels of 5 pesticides, including atrazine, ametryn, acetochlor, bromacil, and pendimethalin, in water were 0.01–2.09 µg/L. Only one type of pesticide, ametryn, was detected in sediment (0.01–0.02 mg/kg). However, all pineapple samples were not found to have any pesticide residues. The health risk assessment using Hazard Quotient (HQ) and environmental risk assessment using Risk Quotient (RQ) were less than 1 in soil, water, and sediment. It is at an acceptable level (HQ < 1), which was no immediate concern (RQ < 1). However, farmers should consider the residues of these insecticides used in pineapple crop cultivation. Therefore, the results of this research should be distributed to farmers to reduce the risk from pesticide use.

Keywords: Hazard quotient (HQ), Pesticide residues, Pineapple Crops, Risk Quotient (RQ)

คำนำ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย นิยมปลูกกันมากในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี เพชรบุรี พิษณุโลก ระยอง และชลบุรี ในปี 2566 มีจำนวนผู้ปลูกสับปะรดทั้งหมด 31,000 ครัวเรือน มีเนื้อที่เก็บเกี่ยวทั้งประเทศรวมทั้งสิ้นจำนวน 430,958 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย/ไร่ 3,831 กิโลกรัม/ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567) ผลผลิตสับปะรดร้อยละ 20 ใช้สำหรับการบริโภคภายในประเทศ ผลผลิตร้อยละ 80 ส่งออกในรูปของสับปะรดบรรจุกระป๋อง และน้ำสับปะรด (กรมวิชาการเกษตร, 2566; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566ก) ภาคตะวันออกมีเนื้อที่เพาะปลูกสับปะรดทั้งหมด 52, 933 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 52,300 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ยต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว 5,609 กิโลกรัม/ไร่ ในจังหวัดระยองมีเนื้อที่เพาะปลูก 22,462 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 22,180 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ยต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว 5,848 กิโลกรัม/ไร่ และจังหวัดชลบุรีมีเนื้อที่เพาะปลูก 19,403 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 19,337 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ยต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว 5,891 กิโลกรัม/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566ข) ปัจจุบันสารกำจัดศัตรูพืชมีบทบาทสำคัญในภาคเกษตรกรรม จากรายงานการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ในปี 2566 มีปริมาณการนำเข้า 140,861,417.70 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 23,906,179,822.13 ล้านบาท (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2567) เนื่องจากเกษตรกรต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพ และปริมาณสูง จึงเป็นสาเหตุทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น เป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ง่าย สะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีอื่น เพื่อควบคุมโรคและศัตรูพืชในผลผลิต (พงศกร และดาวจรัส, 2560; ปัทมา และคณะ, 2563) สับปะรดมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ยาวนาน (18–20 เดือน) จึงทำให้มีช่วงเวลาที่วัชพืชจะเข้ามาทำความเสียหายได้เป็นระยะเวลานาน ระยะเวลาวิกฤตที่สับปะรดไม่ต้องการให้มีวัชพืชเข้าแข่งขันอยู่ในช่วง 1–6 เดือน (ณัฏฐยา และคณะ, 2562) หากขาดการจัดการวัชพืชที่เหมาะสม อาจทำให้ผลผลิตสับปะรดลดลงได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ชนิดวัชพืชที่สำคัญในแปลงสับปะรดมีทั้งประเภทใบแคบและประเภทใบกว้าง เช่น หญ้านกสีชมพู (*Echinochloa colane* (L.) Link., หญ้าขจรจบดอกใหญ่ (*Pennisetum pedicellatum* Trin.) หญ้าตีนติด (*Brachiaria reptans* (L.) Gardet & Hubb., หญ้ารังนก *Chloris barbata* Sw. หญ้าตีนนก (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop ทำการพ่น atrazine, ametryn, acetochlor, pendimethalin, bromacil และ diuron โดยตรงที่วัชพืช ทั้งแบบก่อนและหลังวัชพืชงอก ซึ่งอาจทำให้เกิดการตกค้างในดินและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากขณะพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ละอองสารเกิดการฟุ้งกระจายไปในอากาศ ตกค้างในผลผลิต สะสมในดิน ชะละลายลงสู่แหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียง เกิดการเคลื่อนย้ายในสิ่งแวดล้อม สะสมในสิ่งมีชีวิต และปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหาร ส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภค(กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2554; ทศพล, 2554; พงศกร และดาวจรัส, 2560) ปัจจุบันผู้บริโภคมีความตระหนักในการรักษาสุขภาพมากขึ้น การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผลผลิตทางการเกษตร ได้กลายเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้ ผู้บริโภค (ภานุพันธ์ และสยาม, 2558; กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565) นอกจากสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลผลิตแล้ว ยังสามารถตกค้างในดิน น้ำ ตะกอนดิน ในพื้นที่บริเวณใกล้เคียงที่เกษตรกรพ่นสารกำจัดศัตรูพืช มีรายงานการตกค้างของ diuronในดินของพื้นที่เกษตรจากประเทศเคนย่ามีปริมาณ 0.26–2.10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Muendo et al. 2012) ในประเทศสหรัฐอเมริกาตรวจพบสาร bromacil ในดินแปลงสับปะรดปริมาณ 105–1,338 นาโนกรัม/กรัม (Alavi et al., 2008) และตรวจพบสาร bromacil และ diuron ในลุ่มน้ำ Rio Jimenez ปริมาณสูงสุด 2,000 นาโนกรัม/ลิตร ในแหล่งปลูกสับปะรดของประเทศคอสตาริกา (Echeverria-Saenz et al., 2012)

อย่างไรก็ตามการใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง และผสมสารหลายชนิดรวมกัน อาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร และสิ่งแวดล้อมบริเวณโดยรอบแหล่งเพาะปลูกสับปะรด เนื่องจากขณะพ่นสารกำจัดศัตรูพืช ละอองสารเกิดการฟุ้งกระจายไปในอากาศ ตกค้างในผลผลิต สะสมในดิน ชะละลายลงสู่แหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียง เกิดการเคลื่อนย้ายในสิ่งแวดล้อม สะสมในสิ่งมีชีวิต และปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหาร ส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภค เพื่อให้สอดรับกับนโยบาย Thailand 4.0 ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 และก้าวเข้าสู่

เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ (sustainable development Goals) เพื่อยกระดับมาตรฐานสินค้าเกษตร ให้สามารถตรวจสอบข้อมูลได้ตลอดกระบวนการผลิต เป็นการสร้างความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในแหล่งปลูกสับปะรด ในดิน น้ำ ตะกอนดิน และผลผลิต เพื่อประเมินความเสี่ยงที่มีผลต่อสุขภาพเกษตรกร ผู้บริโภค และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่ จังหวัดชลบุรี และระยอง เพื่อเป็นองค์ความรู้และเป็นข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการจัดการต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการ

1. การสำรวจและกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง เลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงในหมู่บ้านที่มีอาชีพปลูกสับปะรดเชิงพาณิชย์ คือ จังหวัดชลบุรีและระยอง เป็นหมู่บ้านที่ปลูกสับปะรดเป็นอาชีพมากกว่า 30 ปี เกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง ทำการสำรวจแปลงปลูกสับปะรด และสัมภาษณ์เกษตรกร ได้ข้อมูลเกษตรกรที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช จำนวน 16 ราย ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม 2566) และฤดูฝน (มิถุนายน 2567) สุ่มเก็บตัวอย่างดิน น้ำ ตะกอนดิน และสับปะรด เพื่อนำไปวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน และน้ำ แสดงดัง Fig. 1 และ Table 1

2. การจัดการศัตรูพืชในแปลงสับปะรดของเกษตรกร จากการสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 16 ราย พบวัชพืชสำคัญที่ขึ้นในแปลงสับปะรดมีทั้งวัชพืชประเภทใบแคบ และใบกว้าง ซึ่งหลังปลูกสับปะรด เกษตรกรจะใช้สารกำจัดวัชพืช 5 ชนิด ได้แก่ atrazine, ametryn, pendimethalin, acetochlor, diuron และ bromacil พ่นคลุมดินก่อนวัชพืชงอกหลังปลูกสับปะรด เพื่อกำจัดวัชพืชที่งอกจากเมล็ดใบแคบ เช่น หญ้าตีนติด หญ้าตีนกา หญ้าตีนนก หญ้าข้อ หญ้าปากควาย หญ้านกสีชมพู และหญ้าขจรจบ ประเภทใบกว้าง เช่น ผักเบี้ยหิน ผักโขม และหญ้ายาง อัตราการพ่น เกษตรกรจะพ่นตามคำแนะนำในฉลาก ซึ่งความถี่ในการพ่นแต่ละรอบฤดูการปลูก ขึ้นอยู่กับการระบาดของศัตรูพืช อย่างไรก็ตามชนิดสารกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรใช้ในแปลงปลูกสับปะรด เป็นข้อมูลการสัมภาษณ์ และสังเกตภายในแปลง ซึ่งอาจมีบางส่วนที่เกษตรกรไม่ได้ให้ข้อมูล แต่ตรวจพบเมื่อนำไปวิเคราะห์หาสารพิษตกค้างในห้องปฏิบัติการ

3. วิธีการเก็บตัวอย่าง

3.1 ตัวอย่างดิน เก็บจากแปลงตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2548) ทำการสุ่มเก็บให้ทั่วแปลง (random sampling) แปลงละ 10 จุด ใช้ช้อนตักดินลงไปเป็นหลุมรูปตัววี (V) ลึกประมาณ 6–7 นิ้ว จากผิวดิน ทิ้งดินส่วนแรกแล้วใช้เสียมขุดดินข้างหลุม ข้างใดข้างหนึ่งหนาประมาณ 1–2 นิ้ว รวมดินทั้งหมดจากทุกจุดเข้าเป็นตัวอย่างเดียวกัน แล้วเก็บในถุงพลาสติกบรรจุให้ได้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ขณะนำส่งห้องปฏิบัติการให้แช่ตัวอย่างไว้ในถังน้ำแข็ง หากยังไม่สกัดตัวอย่างให้นำแช่ไว้ในตู้เย็นหรือตู้แช่แข็ง หรือถ้าตัวอย่างมีความชื้นสูง นำไปผึ่งในถาดอุณหภูมิห้องให้มีความชื้นประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ แล้วทุบให้ละเอียด หรือผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันก่อนนำไปทดสอบ และหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างดิน

3.2 ตัวอย่างน้ำ ใช้แครงสุ่มตักตัวอย่างน้ำบริเวณบ่อหรือจุดรวบรวมน้ำสำหรับใช้ในแปลงสับปะรด ให้เต็มขวดพลาสติก ขนาด 1 ลิตร จำนวน 3 ขวด ขณะนำส่งห้องปฏิบัติการให้แช่ตัวอย่างไว้ในถังน้ำแข็ง หากยังไม่สกัดตัวอย่างให้นำแช่ไว้ในตู้เย็น ถ้าน้ำมีลักษณะใสสะอาด สามารถนำไปสกัดได้ทันที แต่ถ้ามีความขุ่นหรือสกปรก ให้กรองผ่านกระดาษกรองเพื่อแยกสิ่งปนเปื้อนออกก่อนการตรวจวิเคราะห์ รวมทั้งตรวจวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำจากค่าพารามิเตอร์ในน้ำ

ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC, µs/cm) และค่าของแข็งทั้งหมด (Total Dissolve Solid: TDs, mg/L)

3.3 ตัวอย่างตะกอนดิน ใช้แครงสุ่มตักตัวอย่างตะกอนจากท้องน้ำบริเวณเดียวกับจุดเก็บน้ำให้ได้ประมาณ 0.5–1 กิโลกรัม นำใส่ในขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิท หุ้มด้วยกระดาษหรือวัสดุกันกระแทกใส่ลงถุงพลาสติกขณะนำส่งห้องปฏิบัติการให้แช่ตัวอย่างไว้ในถังน้ำแข็ง หากยังไม่สกัดตัวอย่างให้นำแช่ไว้ในตู้เย็น

3.4 ตัวอย่างสับปะรด สุ่มเก็บตัวอย่างสับปะรดระยะเก็บเกี่ยวจำนวน 4 ลูก/แปลงสับปะรด ปริมาณไม่น้อยกว่า 2 กิโลกรัม นำใส่ในถุงพลาสติก ขณะนำส่งห้องปฏิบัติการให้แช่ตัวอย่างไว้ในถังน้ำแข็ง หากยังไม่สกัดตัวอย่างให้นำแช่ไว้ในตู้เย็น เมื่อจะทำการเตรียมตัวอย่างให้นำออกจากตู้เย็น ตั้งไว้ให้ได้อุณหภูมิห้อง จากนั้นเตรียมตัวอย่างโดยหั่นตัวอย่างสับปะรดเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นย่อย (Food Processer) ก่อนนำไปทดสอบ แสดงดังภาคผนวก 1

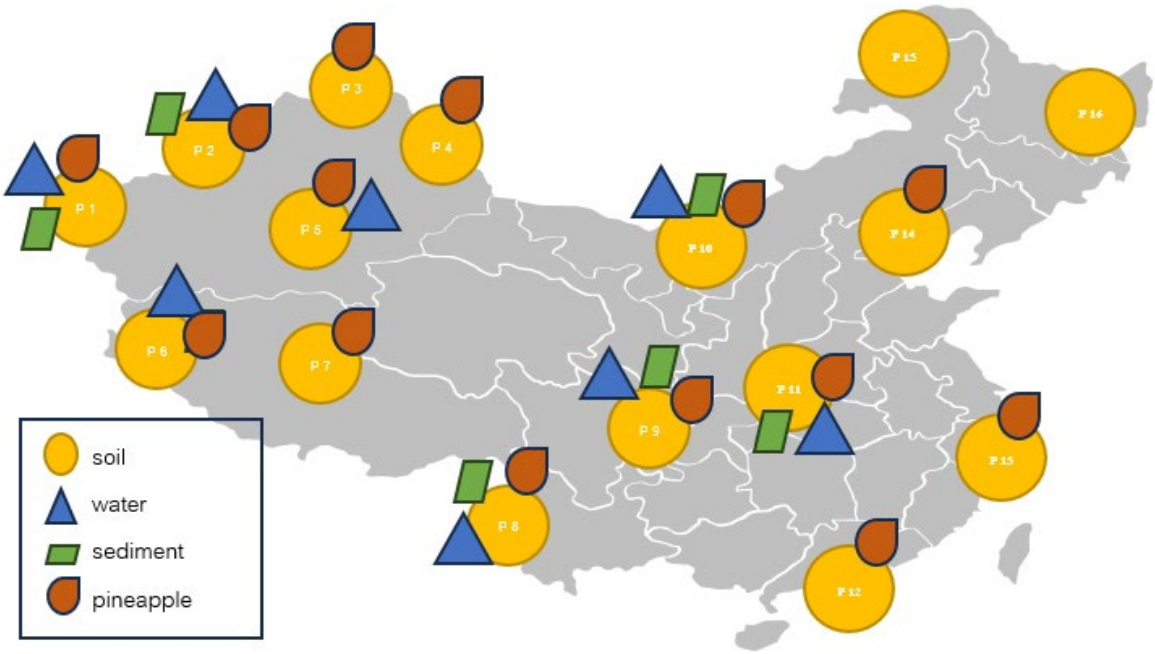


Fig.1 Locations of the samples collected in the pineapple crops at Chon Buri and Rayong Province

Table 1 Locations of the samples collected in the pineapple crops at Chon Buri and Rayong Province during dry season and wet season

Location	Location by GPS		samples collected in dry season				samples collected in wet season			
	UTM X	UTM Y	soil	water	sediment	pineapple	soil	water	sediment	pineapple
P 1	13.0921281	101.247771	S 1	W 1	Sd 1	Pa 1	S 1	W 1	Sd 1	Pa 1
P 2	13.249306	101.278861	S 2	W 2	Sd 2	Pa 2	S 2	W 2	Sd 2	Pa 2
P 3	13.247333	101.281028	S 3	-	-	Pa 3	S 3	-	-	Pa 3
P 4	13.247167	101.280972	S 4	-	-	Pa 4	S 4	-	-	Pa 4
P 5	13.247167	101.021245	S 5	W 5	-	Pa 5	S 5	W 5	-	Pa 5
P 6	13.210639	101.021750	S 6	W 6	Sd 6	Pa 6	S 6	W 6	Sd 6	Pa 6
P 7	13.211389	101.020417	S 7	-	-	Pa 7	S 7	-	-	Pa 7
P 8	12.950500	101.224861	S 8	W 8	Sd 8	Pa 8	S 8	W 8	Sd 8	Pa 8

Table 1 Locations of the samples collected in the pineapple crops at Chon Buri and Rayong Province during dry season and wet season (Continue)

Location	Location by GPS		samples collected in dry season				samples collected in wet season			
	UTM X	UTM Y	soil	water	sediment	pineapple	soil	water	sediment	pineapple
P 9	12.951000	101.225278	S 9	W 9	Sd 9	Pa 9	S 9	W 9	Sd 9	Pa 9
P 10	12.949083	101.227694	S 10	W 10	Sd 10	Pa 10	S 10	W 10	Sd 10	Pa 10
P 11	12.94525	101.223306	S 11	W 11	Sd 11	Pa 11	S 11	W 11	Sd 11	Pa 11
P 12	12.945139	101.223750	S 12	-	-	Pa 12	S 12	-	-	Pa 12
P 13	12.944833	101.223306	S 13	-	-	Pa 13	S 13	-	-	Pa 13
P 14	12.931722	101.218440	S 14	-	-	Pa 14	S 14	-	-	Pa 14
P 15	12.3947722	101.218917	S 15	-	-	-	S 15	-	-	-
P 16	14.29825	99.86740	S 16	-	-	-	S 16	-	-	-

4.วิธีการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

ทดสอบหาวิธีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างดิน น้ำ ตะกอนดิน และสับปะรด จำนวน 66 ชนิด แสดงใน Table 2

Table 2 Types of pesticides analyzed

Pesticides	Type of pesticide	Instrument
16 Organochlorine (OCs) *	aldrin, alpha-BHC, alpha-endosulfan, beta-endosulfan, dieldrin, endosulfan sulfate, endrin, gamma-BHC, heptachlor, heptachlor epoxide, *o,p'*-DDE, *o,p'*-DDT, *o,p'*-TDE, *p,p'*-DDE, *p,p'*-DDT, *p,p'*-TDE	Gas Chromatograph (Agilent Technology HP6890) with Electron Capture Detector (ECD)
7 Pyrethroid (PYs) *	bifenthrin, cyfluthrin, cypermethrin, lambda-cyhalothrin, deltamethrin, permethrin,fenvalerate	
4 Triazole *	difenoconazole, tetraconazole, hexaconazole, propiconazole	
3 Chloroacetamide *	alachlor, acetochlor, s-metolachlor	
6 Herbicides *	oxyfluorfen, oxadiazon, pendimethalin, diuron, bromacil	
	2,4-D	Ultra-High Performance Liquid Chromatography with Diode Array (UHPLC-DAD)
21 Organophosphorus* (OPs)	azinphos ethyl, chlorpyrifos, chlorpyrifos ethyl, diazinon, dicrotophos, dimethoate, EPN, ethion, ethoprophos, fenthion, fenitrothion, malathion, methidathion, monocrotophos, parathion methyl, pirimiphos methyl, profenophos, triazophos, methamidophos, omethoate, phosalone	Gas Chromatograph (Agilent Technology HP6890) with Flame Photometric Detector (FPD)
6 Carbamate *	carbaryl, carbofuran, isoprocarb, promecarb, metocarb, methomy	Gas Chromatograph (Agilent Technology 7890) with Nitrogen Phosphorus Detector (NPD)
3 Triazine *	ametryn, metribuzine, atrazine	

Remark: *confirm the results of the analyzed with Gas Chromatograph-Mass Spectrometry (Agilent Technology 5973)

4.1 การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างน้ำ

(1) กลุ่ม Organochlorine กลุ่ม Pyrethroid กลุ่ม Triazole กลุ่ม Chloroacetamide, pendimethalin oxyfluorfen, oxadiazon, bromacil และ diuron (In house method TM-T04-I01 (2560) based on AOAC 990.06 (2016)

(2) กลุ่ม Organophophorus กลุ่ม Carbamate กลุ่ม Triazine และกลุ่ม Phenylamide akylalanine (In house method TM-T04-I03 based on EPA method 8141 A, Revision 1 (1994)

(3) 2,4-D (Thorstensen C.W., *et al.,* 2000, Hammani B., *et al.,* 2017)

4.2 การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างดินและตะกอนดิน กลุ่ม Organophophorus กลุ่ม Carbamate กลุ่ม Triazine กลุ่ม Phenylamide akylalanine กลุ่ม Organochlorine กลุ่ม Pyrethroid กลุ่ม Triazole กลุ่ม Chloroacetamide, pendimethalin, oxyfluorfen, oxadiazon, bromacil และ diuron (In house method TM-T04-I02 based on AOAC Official method 970.52 (2016) และสารกำจัดศัตรูพืช 2-4-D (Sutherland, *et al.,* 2003) แสดงดังภาคผนวก 1

4.3 การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างเสับปะรด ประยุกต์ใช้วิธี QuEChERS (EN 15622, 2008)

5. การประเมินความเสี่ยง

5.1 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Exposure and Risk Assessment) โดยใช้ดัชนีบ่งชี้ความอันตราย (HQ) ซึ่งค่า HQ คำนวณจากค่า ADI (ปริมาณค่าเฉลี่ยที่เกษตรกรได้รับสารกำจัดศัตรูพืชต่อวัน) เทียบกับค่า RfD (ค่าอ้างอิง คือ ปริมาณสารพิษที่น้อยสุดที่ร่างกายรับได้โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายหรือเป็นพิษต่อร่างกาย) มีสมการคำนวณ (Equation 1) ดังนี้

$$ADI = (C \times CF \times IR \times EF \times ED)/(BW \times AT) \quad (1)$$

เมื่อ: ADI คือ ปริมาณสารพิษเฉลี่ยต่อวันจากสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน ตะกอนดิน และสับปะรด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม),น้ำ (ไมโครกรัม/ลิตร)

C คือ ความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน ตะกอนดิน และสับปะรด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม), น้ำ (ไมโครกรัม/ลิตร)

CF คือ unit conversion factor = 10^{-6} กิโลกรัม/มิลลิกรัม ในดิน และตะกอนดิน

IR คือ อัตราการได้รับสารพิษที่ตกค้างสำหรับเด็กในดิน 100 มิลลิกรัม/วัน และผู้ใหญ่ 200 มิลลิกรัม/วัน, ในน้ำ สำหรับเด็ก 0.745 ลิตร/วัน และผู้ใหญ่ 0.943 ลิตร/วัน (U.S. EPA., 2003)

EF คือ ความถี่ของการสัมผัส (365 วัน/ปี)

ED คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (years) 6–12 ปี สำหรับเด็ก และ 70 ปี สำหรับผู้ใหญ่

BW คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) เด็กค่าเฉลี่ย (33.38 กิโลกรัม) ผู้ใหญ่ค่าเฉลี่ย (55.77 กิโลกรัม) (มกอช., 2559)

AT คือ ระยะเวลาที่ใช้เฉลี่ย เด็ก (2,190 วัน) และผู้ใหญ่ (25,550 วัน) (EF*ED)

การคำนวณค่าความเสี่ยงจากสารพิษตกค้างได้จากค่า hazard quotient (HQ) ซึ่งคำนวณจาก ค่า ADI และค่า RfD ดังสมการต่อไปนี้ (Equation 2)

$$HQ = ADI/RfD \quad (2)$$

เมื่อ: RfD คือ reference dose เฉพาะของสารกำจัดศัตรูพืช (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน) ใช้ค่า RfD ตามข้อมูล Pesticide Properties Database (PPDB) (IUPAC, 2019) เกณฑ์การตัดสิน กำหนดให้ HQ>1 หมายถึง สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ในระดับเสี่ยงต่อเกษตรกร (Risk), HQ<1 หมายถึง สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างตกค้างอยู่ในระดับยอมรับได้ (Acceptable risk)

5.2 การประเมินความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Effects; Ecological risk assessment) โดยใช้ค่าความเสี่ยง (Risk quotient; RQ) เมื่อ MEC (measured environment concentration) คือ ความเข้มข้นของสารที่วัดได้ในสิ่งแวดล้อม และ PNEC (predicted no effect concentration) คือ ความเข้มข้นสูงสุดของสารที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต (Equation 3)

$$RQ = MEC/PNEC \quad (3)$$

เกณฑ์การตัดสิน กำหนดให้ RQ<1 แสดงว่าไม่มีความเสี่ยง (No immediate concern), RQ 1–10 แสดงว่ามีความเสี่ยงเล็กน้อย (Of concern if supply volumes increase), RQ 10–100 แสดงว่ามีความเสี่ยง การลดความเสี่ยงจะต้องนำข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาร่วมด้วย (Further data require) และ RQ>100 แสดงว่ามีความเสี่ยงสูงต้องดำเนินการลดความเสี่ยงทันที (Reduce risk immediate) (ECB, 2003: ECHA, 2008)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างดิน

ได้สุ่มเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 1 ช่วงเดือนธันวาคม (ฤดูแล้ง) จำนวน 16 ตัวอย่าง และครั้งที่ 2 ช่วงเดือนมิถุนายน (ฤดูฝน) จำนวน 16 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 32 ตัวอย่าง ผลการตรวจวิเคราะห์ในฤดูแล้ง ตรวจพบปริมาณสารพิษตกค้างจำนวน 15 ตัวอย่าง (94%) ได้แก่ ametryn จำนวน 3 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01-0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม atrazine จำนวน 5 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01–0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม bromacil จำนวน 15 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01–0.30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม diuron จำนวน 7 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.02–0.08 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในฤดูฝน พบสารพิษตกค้างจำนวน 16 ตัวอย่าง (100%) คือ สาร atrazine จำนวน 6 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01–0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม bromacil จำนวน 16 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01–0.22 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ diuron จำนวน 10 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.02–0.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สรุป ผลการตรวจวิเคราะห์ในตัวอย่างดินทั้งหมด 32 ตัวอย่าง พบปริมาณสารพิษตกค้าง 31 ตัวอย่าง (97%) ในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง (Tables 3 and 4) ลักษณะของดินในแปลงส่วนใหญ่เป็นดินร่วนทราย ซึ่งชนิดสารที่ตรวจพบปริมาณสูงที่สุดคือ bromacil ปริมาณ 0.30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhu and Li (2002) พบการตกค้างของสาร bromacil ในดินแปลงปลูกสับปะรด ปริมาณ 0.105–1.338 และ 0.026–0.473 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ที่ระดับความลึก 0–60 และมากกว่า 400 เซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Alavi et al. (2008) พบว่าการใช้สาร bromacil ในอัตรา 1,800 และ 2,250 กรัมสารออกฤทธิ์/เฮกตาร์ ในดินที่ 102 วัน ตรวจพบสารตกค้างในดิน 1.341 และ 1.374 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และที่ 290 วัน หลังจากพ่นสาร พบสารตกค้าง 0.640 และ 0.995 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของมงคล (2547) รายงานว่าการใช้สาร diuron ร่วมกับสาร bromacil อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์/เฮกตาร์ ที่ 120 วัน หลังพ่นสาร พบว่า มีปริมาณสาร diuron และ bromacil ตกค้างในดินปลูกสับปะรด 0.021 และ 0.250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม นอกจากนี้ มีรายงานการใช้สาร bromacil อัตรา 288–544 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ในพื้นที่ปลูกสับปะรดของประเทศสหรัฐอเมริกา พบสารตกค้าง 105–1,338 นาโนกรัม/กรัม (Zhu and Li, 2002; Alavi et al., 2008) สาร bromacil มีความคงทนในดิน มีค่าครึ่งชีวิตในดินประมาณ 150 วัน แต่ถ้าใช้ในอัตราสูงจะสามารถคงอยู่ในดินได้ยาวนานมากกว่าหนึ่งปี (EPA,1996,2001) รองลงมาคือ

diuron 0.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สอดคล้องกับการศึกษาของ พงศกร และดาวจรัส (2560) พบการตกค้างของสาร diuron ในดินแปลงปลูกสับปะรด ปริมาณ 0.03–0.13 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เช่นเดียวกับ Muendo et al. (2012) พบการตกค้างของสาร diuron ในดินของพื้นที่การเกษตรจากประเทศเคนย่า ปริมาณ 0.26-2.10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม นอกจากนี้ยังพบสาร ametryn 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และปริมาณ atrazine ที่ตรวจพบต่ำกว่าเกณฑ์ค่าสูงสุดที่ยอมให้มีการปนเปื้อนของ atrazine ในดินเพื่อเกษตรกรรมของกรมควบคุมมลพิษ (2564) (ไม่เกิน 22,955 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ดัง Fig. 2 สอดคล้องกับปริมาณดินที่ตรวจพบในแปลงสับปะรด ซึ่งสารกำจัดวัชพืชที่ตรวจพบเป็นสารที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ใช้ในแปลงปลูกสับปะรด (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2554) Oliveia et al. (2001) พบว่าสาร atrazine สามารถเคลื่อนย้ายได้ดีในดินร่วนปนทราย เช่นเดียวกับรายงานการตรวจพบ atrazine ในตัวอย่างดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงฤดูน้ำหลากพบ atrazine ตกค้างในดิน เฉลี่ย 133.59–183.23 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (อรอนงค์ และคณะ, 2554) นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน ประกอบด้วยความถี่ในการพ่น ทำให้เกิดการสะสมของสารพิษ ลักษณะของเนื้อดินในแปลงส่วนใหญ่เป็นดินร่วนทราย มีปริมาณอินทรียวัตถุ (0.41–2.18%) ต่ำถึงปานกลาง ค่า pH ของดินอยู่ในช่วง 3.6–6.2 เป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง เมื่อพิจารณาค่าอัตราการสลายตัวครึ่งหนึ่งในดิน (DT_{50}) พบว่ามีค่า DT_{50} ค่อนข้างสั้นกว่าอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดย atrazine DT_{50} 75 วัน, ametryn DT_{50} 37 วัน, diuron DT_{50} 229 วัน และ bromacil DT_{50} 60 วัน

2. ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำ และตะกอนดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1 ช่วงเดือนธันวาคม (ฤดูแล้ง) จำนวน 8 ตัวอย่าง และครั้งที่ 2 ช่วงเดือนมิถุนายน (ฤดูฝน) จำนวน 8 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 16 ตัวอย่าง ผลการตรวจวิเคราะห์ในฤดูแล้ง พบสารพิษตกค้าง จำนวน 8 ตัวอย่าง (100%) คือสาร atrazine จำนวน 8 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.37–2.09, ametryn จำนวน 3 ตัวอย่าง ปริมาณ0.01–0.06, pendimethalin จำนวน 3 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.05 –0.06 และ acetochlor จำนวน 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.03 ไมโครกรัม/ลิตร ในฤดูฝน ตรวจพบสารพิษตกค้างจำนวน 8 ตัวอย่าง (100%) ได้แก่สาร atrazine จำนวน 8 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.48 – 1.51, ametryn จำนวน 2 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.06–1.05 และ bromacil จำนวน 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.99 ไมโครกรัม/ลิตร สรุปผลการตรวจวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำทั้งหมด 16 ตัวอย่าง พบปริมาณสารพิษตกค้างจำนวน 16 ตัวอย่าง (100%) ในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน (Tables 3 and 4) ซึ่งเป็นตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่เกษตรกรใช้ในแปลงปลูกสับปะรด เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำ พบสารกำจัดวัชพืช atrazine ตกค้างในปริมาณสูง เนื่องจากสาร atrazine สามารถละลายน้ำได้ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลซียล ปริมาณ 35 มิลลิกรัม/ลิตร (PPDB, 2024) สอดคล้องกับข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกร รองลงมาคือสาร ametryn, bromacil, pendimethalin และ acetochlor ดัง Fig. 3 ซึ่งปริมาณสาร atrazine ที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ค่าสูงสุดที่ยอมให้มีการปนเปื้อนของ atrazine ในน้ำดื่มตามค่า maximum contamination level (MCL) ของ U.S.EPA (2018) (ไม่เกิน 3 ไมโครกรัม/ลิตร) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการตรวจพบ atrazine ในตัวอย่างน้ำ จากวิทยาลัยชัยบาดาลพิพัฒน์ จ. ลพบุรี ปริมาณ 0.14–0.82 ไมโครกรัม/ลิตร (รัศมีและคณะ, 2558) เช่นเดียวกับ อรอนงค์ และคณะ (2554) ตรวจพบ atrazine ในตัวอย่างน้ำท่า 38 ตัวอย่าง (63%) มีค่าเฉลี่ย 4.70 ไมโครกรัม/ลิตร บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงฤดูน้ำหลาก และตะกอนดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างตะกอนดินครั้งที่ 1 ช่วงเดือนธันวาคม (ฤดูแล้ง) จำนวน 7 ตัวอย่าง และครั้งที่ 2 ช่วงเดือนมิถุนายน (ฤดูฝน) จำนวน 7 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 14 ตัวอย่าง ผลการตรวจวิเคราะห์ในฤดูแล้ง พบสารพิษตกค้าง จำนวน 3 ตัวอย่าง (43%) คือสาร ametryn ปริมาณ 0.01–0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในฤดูฝน ตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง (Tables 3 and 4; Figure 4) ปริมาณสารที่ตรวจพบน่าจะเกิดจากการเคลื่อนย้ายของสาร ametryn ในแปลงปลูกสับปะรด เนื่องจาก ametryn มีความสามารถเคลื่อนย้ายได้ปานกลางถึงสูงในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำๆ เกิดการเคลื่อนย้ายได้สูงด้วย

กระบวนการชะล้าง (run-off) จากฝนสู่น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (K_{oc}) เท่ากับ 3.45 (Rafal et al., 2018; Sabir et al., 2018) ทำให้เกิดการสะสมในตะกอนดิน ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีอินทรียวัตถุต่ำ ในสิ่งแวดล้อม ametryn เกิดการสลายตัวอยู่ในรูปของสารอนุพันธ์ 2-amino-4-12 isopropylamino-6-methylthio-s-triaizine (GS-11354) และ 2-ethylamino-4-amino-6-methylthio-s-triazine (GS-11355) โดยจุลิทรีย์หรือแบคทีเรียมีค่าครึ่งชีวิต (half-life) 9.6 -38 วัน นอกจากนี้ ametryn มีความคงทนต่อกระบวนการ hydrolysis มีค่าครึ่งชีวิต (half-life) 368 วัน (U.S. EPA., 2005)

3. ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างสับปะรด

สุ่มเก็บตัวอย่างสับปะรดที่ระยะเก็บเกี่ยว 15–18 เดือน ช่วงเดือนธันวาคม จำนวน 14 ตัวอย่าง และเดือนมิถุนายน จำนวน 14 ตัวอย่าง (Tables 3 and 4) ผลการตรวจวิเคราะห์ไม่พบสารพิษตกค้างในสับปะรดทุกตัวอย่าง ค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ในสับปะรด ของสาร atrazine 0.1, ametryn 0.05, 2,4-D 0.05, metalaxyl 0.1 และ ethephon 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (มกอช., 2559) สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิภา และคณะ (2555) ตรวจไม่พบสาร atrazine ในสับปะรดทุกตัวอย่าง

Table 3 Concentration levels of pesticides in the soil, water, sediment and pineapple sample from pineapple crops at Chon Buri and Rayong Province during dry season

Types of samples	Number of samples				Mean concentration levels	Standard quality
	Sample analyzed	Positive sample, (%)	Groups of pesticides	Types of pesticides		
soil	16	15 (94%)	Triazines (2)	ametryn (3)	0.01-0.02 mg/kg	22,955 mg/kg
				atrazine (5)	0.01-0.02 mg/kg	
			Herbicide (2)	bromacil (15)	0.01-0.30 mg/kg	
				diuron (7)	0.02-0.08 mg/kg	
water	8	8 (100%)	Triazines (2)	atrazine (8)	0.37-2.09 µg/L	3 ug/L[1)]
				ametryn (3)	0.01-0.06 µg/L	
			Herbicide (2)	pendimethaline (3)	0.05-0.06 µg/L	
				acetochlor (1)	0.03 µg/L	
sediment	7	3 (43%)	Triazines (1)	ametryn (3)	0.01- 0.02 mg/kg	
pineapple	14	0 (0%)	ND	ND	ND	
Total	45	26 (58%)	samples			

Remark: water samples; (µg/L), soil, sediment and pineapple samples; (mg/kg), ND: not detected

1) Standard quality of soil in agricultural soils (atrazine 22,955 mg/kg) (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

2) Standard quality of drinking water (Environmental Protection Agency; maximum contamination level (MCL) atrazine 3 µg/L) (U.S. EPA., 2003)

Table 4 Concentration levels of pesticides in the soil, water and sediment sample from pineapple crops at Chon Buri and Rayong Province during wet season

Types of samples	Number of samples		Groups of pesticides	Types of pesticides	Mean concentration levels	Standard quality
	Sample analyzed	Positive sample, (%)				
soil	16	16 (100%)	Triazines (1) Herbicide (1)	atrazine (6) bromacil (16) diuron (10)	0.01-0.02 mg/kg 0.01-0.22 mg/kg 0.02-0.16 mg/kg	22,955 mg/kg[1)]
water	8	8 (100%)	Triazines (6) Herbicide (12)	atrazine (8) ametryn (2) bromacil (1)	0.48-1.51 µg/L 0.06-1.05 µg/L 0.99 µg/L	3 ug/L[2)]
sediment	7	0 (0%)	Triazines (1)	ND	ND	
pineapple	14	0 (0%)	ND	ND	ND	
Total	45	24 (53%)	samples			

Remark: water samples; (µg/L), soil, sediment and pineapple; (mg/kg), ND: not detected

1) Standard quality of soil in agricultural soils (atrazine 22,955 mg/kg) (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

2) Standard quality of drinking water (Environmental Protection Agency, EPA; maximum contamination level (MCL) atrazine 3 µg/L) (U.S. EPA., 2003)

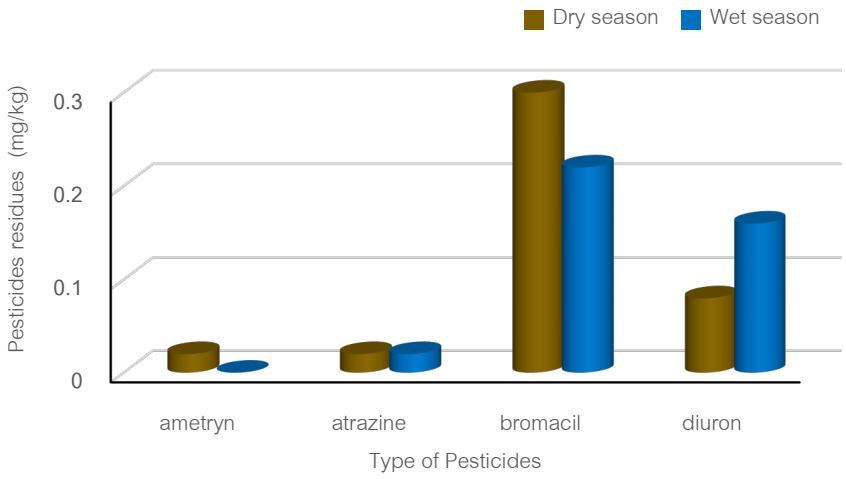


Fig. 2 Mean concentration levels of pesticides residues in soil

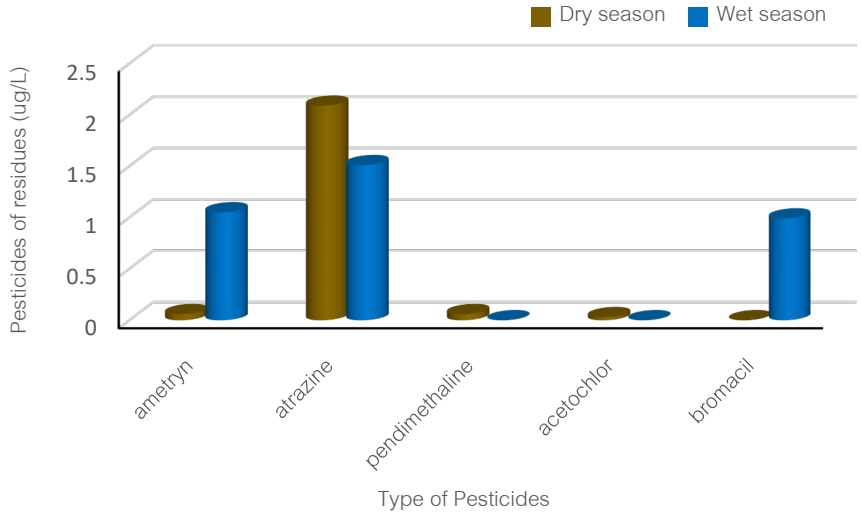


Fig. 3 Mean concentration levels of pesticides residues in water

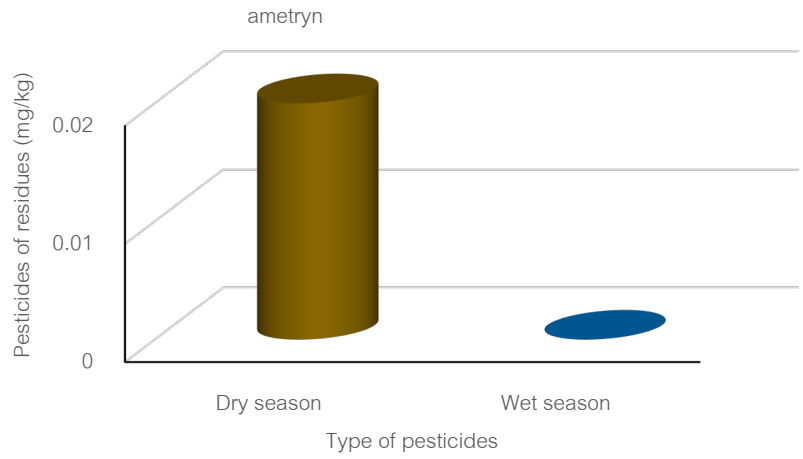


Fig. 4 Mean concentration levels of pesticides residues in sediment

4.การประเมินความเสี่ยงของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน น้ำ และตะกอนดิน ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

เมื่อนำผลการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน น้ำ และตะกอนดิน มาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัส (Exposure and risk assessment) สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง โดยคำนวณจากค่า HQ เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร ในดิน น้ำ และตะกอนดิน ในเด็กช่วงอายุ 6–12 ปี และผู้ใหญ่อายุ 70 ปี ได้ค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 1 เมื่อคำนวณการบริโภคและปริมาณการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในร่างกาย พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับให้เข้าสู่ร่างกายได้ในแต่ละวัน (Acceptable Daily Intake; ADI) ซึ่งค่า HQ จากการคำนวณใน Table 5 พบว่าในดิน น้ำ และตะกอนดิน มีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (HQ<1) และเมื่อนำไปประเมินความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Effects; Ecological risk assessment) ด้วยค่าความเสี่ยง (Risk quotient; RQ) ในดิน น้ำ และตะกอนดิน มีค่าเฉลี่ย 6.00×10^{-6}–3.00×10^{-2} ถือว่าไม่มีความเสี่ยง (RQ<1)

Table 5 The health risk assessment using Hazard quotient (HQ) and environmental risk assessment using risk quotient (RQ)

Types of samples	Pesticides	Concentration		Hazard quotient (HQ)		Risk quotient (RQ)	Risk Levels
		Min	Max	Child	Adult		
soil *	ametryn	0.01	0.02	1.39×10^{-5}	4.17×10^{-6}	2.00×10^{-3}	[1,2] acceptable
	atrazine	0.01	0.02	3.42×10^{-6}	1.02×10^{-6}	2.00×10^{-3}	[1,2] acceptable
	bromacil	0.01	0.30	1.38×10^{-5}	4.14×10^{-6}	3.00×10^{-2}	[1,2] acceptable
	diuron	0.02	0.16	4.79×10^{-4}	1.44×10^{-4}	1.60×10^{-2}	[1,2] acceptable
water *	atrazine	0.37	2.09	1.33×10^{-3}	1.00×10^{-3}	2.09×10^{-3}	[1,2] acceptable
	ametryn	0.01	1.05	2.72×10^{-3}	2.06×10^{-3}	1.05×10^{-4}	[1] acceptable
	pendimethalin	0.05	0.06	3.30×10^{-5}	2.50×10^{-5}	6.00×10^{-6}	[2] hazard is low
	acetochlor	-	0.03	3.30×10^{-5}	2.50×10^{-5}	3.00×10^{-6}	[1,2] acceptable
	bromacil	-	0.99	1.70×10^{-4}	1.29×10^{-4}	2.25×10^{-4}	[1,2] acceptable
sediment*	ametryn	0.01	0.02	1.39×10^{-5}	4.17×10^{-6}	2.00×10^{-3}	[1,2] acceptable

Remark: water* samples; (µg/L), soil* and sediment*samples; (mg/kg)

1. HQ<1 (acceptable risk) and HQ≥1 (Risk)
2. RQ<1 (No immediate concern), RQ 1–10 (Of concern if supply volumes increase), RQ 10–100 (Further data require) and RQ>100 (Reduce risk immediate) (ECB, 2003: ECHA, 2008)

สรุปผลการทดลอง

การสำรวจสารพิษตกค้างในพืชและสิ่งแวดล้อมจากแหล่งปลูกสับปะรดในจังหวัดชลบุรี และระยอง ผลการตรวจวิเคราะห์ ดิน น้ำ ตะกอนดิน และสับปะรดระยะเก็บเกี่ยว ในฤดูแล้งและฤดูฝน รวมทั้งหมด 90 ตัวอย่าง พบการตกค้างของดิน น้ำ และในตะกอนดิน พบการตกค้างในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน เมื่อนำมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในดิน น้ำ ตะกอนดินและสับปะรด พบว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในดิน น้ำ และตะกอนดิน พบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแหล่งปลูกสับปะรดในจังหวัดชลบุรี และระยอง จากข้อมูลทำให้ทราบว่าเกษตรกรยังมีการใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีแผนการเฝ้าระวังการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ ความเสี่ยงและความรุนแรงของปัญหาการใช้สารกำจัดศัตรูพืช รวมถึงสำรวจเก็บตัวอย่างที่ต่อเนื่องทุกปี เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบการพิจารณาให้คำแนะนำในการใช้สารกำจัดศัตรูพืช พิจารณากำหนดและอนุญาตให้ขึ้นทะเบียนหรือยกเลิกการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช รณรงค์ให้เกษตรกรลดการใช้สารกำจัดศัตรูพืช และส่งเสริมให้เกษตรกรเพิ่มการทำเกษตรอินทรีย์มากขึ้น โดยประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น เพิ่มการสนับสนุนทางสังคม โดยการอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรในเรื่องการเลือกซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูพืช วิธีการผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การปฏิบัติตนขณะทำการฉีดพ่น และหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งการทำลาย ภาชะบรรจุสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพื่อเพิ่มความตระหนัก ในการดูแลสุขภาพ และในส่วนของผู้บริโภคนั้น ควรตระหนักถึงอันตรายจากสารกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อน จึงควรล้างให้สะอาดก่อนการบริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ตามกรอบการสนับสนุนงานวิจัยมูลฐาน (Fundamental Fund) จากสำนักงานคณะกรรมการการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผ่านกรมวิชาการเกษตร ตามรหัสการทดลอง FF65-58-04-65-01-06-66

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2565. แผนปฏิบัติการด้านการเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2566–2570. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. หน้า 120.

กรมควบคุมมลพิษ. 2564. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน. ราชกิจจานุเบกษา หน้า 20 เล่ม 138 ตอนพิเศษ 54 ง, ลงวันที่ 11 มีนาคม 2564.

กรมวิชาการเกษตร. 2566. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับไม้ผล. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 71.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2567. สถิติการผลิตสับปะรด. http://www.agriman.doae.go.th/home/news/2567/04pineapple.pdf. 25 มิถุนายน 2567.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566ก. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2565. สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. หน้า 194.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566ข. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2565. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่401. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 94.

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร. 2548. คู่มือการใช้บริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง คุณภาพวัตถุมีพิษการเกษตรและสารธรรมชาติ. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 55.

กลุ่มวิจัยวัชพืช. 2554. คำแนะนำการป้องกันกำจัดวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืชปี 2554. สำนักวิจัยการพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 133.

ณัฏฐยา เรือนแป้น, กรรณิการ์ สัจจาพันธ์, ทศพล พรพรหม. 2562. ประสิทธิภาพและการตกค้างของสารโบรมาซิลและไดยูรอนสำหรับการควบคุมวัชพืชในแปลงปลูกสับปะรด. วารสารเกษตร 35: 37–48.

ทศพล พรพรหม. 2554. สารกำจัดวัชพืช: หลักการและกลไกลการทำลาย. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ปัทมา เสนทอง, กชพรรณ หนูชนะ, จันทิมา เอกรัชฤทธิ์, ธนวัฒน์ สายเมธา, จิรกิตติ์ ดวงมุสิก, ภคินี ปิยะพันธ์, กฤตภพ ไทรทองคำ. 2563. การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน น้ำที่ใช้ในการบริโภค และผักสวนครัว ในครัวเรือนที่อยู่ในสวนเงาะและสวนทุเรียน. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) ปีที่ 20 ฉบับที่ 3: กรกฎาคม–กันยายน. 86–94.

ภาณุพันธ์ อิ่นแก้ว, สยาม อรุณศรีมรกต. 2558. การศึกษาเปรียบเทียบสารกำจัดแมลงตกค้างในผักใบเขียวของการปลูกพืชแบบทั่วไป แบบปลอดสารพิษ และแบบอินทรีย์ในจังหวัดนครปฐม. วารสารร่มพฤกษ์ 33: 55–75.

พงศกร ต้นตะราวงศา, ดาวจรัส เกตุโรจน์. 2560. การตกค้างของสารไดยูรอนในดินที่ใช้ปลูกสับปะรด. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55: สาขาพืช, หน้า 17–24.

มงคลศรีเพียงจันทร์. 2557. ทางเลือกของการใช้สารแบบหลังงอกสำหรับการควบคุมวัชพืชในสับปะรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มกอช. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559.“ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด” https://www.acfs.go.th/standard/download/MAXIMUM-RESIDUE-LIMITS.pdf. 11 กุมภาพันธ์ 2565.

วิภา ตั้งนิพนธ์, ผกาสินี คล้ายมาลา, ประกิจ จันทร์ติ๊บ, ปภัสรา คุณเลิศ, สิริพร เหลืองสุชนกุล, ปรีชา ฉัตรสันติประภา. 2555. การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Triazine ชนิด Atrazine ในพืชเศรษฐกิจ ต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และ สิ่งแวดล้อม. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปีงบประมาณ 2555 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร.กรมวิชาการเกษตร.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2567. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรปี พ.ศ. 2566. https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2024/04/5A8.-2566.97.pdf. 22 มกราคม 2567.

อรอนงค์ ผิวนิล, ศุภมาศ พนิชศักดิ์ พัฒนา,นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, บงกชรัตน์ ปิติยนต์, น้ำเย็น ศิริพัฒน์. 2554. การศึกษาการตกค้างและเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชอะทราซีนในดินพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตะกอนดิน และน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,หน้า. 1–11.

Alavi, G., Sanda, M., Loo, B., Green, R.E., Ray, C. 2008. Movement of bromacil in a Hawaii soil under pineapple cultivation: A field study. Chemosphere 72: 45–52.

AOAC. 2016. *Organophosphorus pesticide*. General Multiresidue Method. Association of Official Analytical Chemists Method 970.52. In house method TM-T04-I02

AOAC. 2016. Organochlorine pesticides in water gas chromatographic method. 2005. General Multiresidue Method. Association of Official Analytical Chemists Method 990.06. In house method TM-T04-I01.

ECB. 2003. Technical Guidance Document on Risk Assessment. Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances. European Chemicals Bureau. https://echa.europa.eu/documents/10162/987906/tgdpart2_2ed_en.pdf/138b7b71-a069-428e-9036-62f4300b752f. 18 March 2022.

ECHA. 2008. Guidance on information requirements and chemical safety assessment, chapter R.10: characterization of dose [concentration]-response for environment. European Chemicals Agency. https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/%20information_%20requirements_%20r10_en.pdf/bb902be7-a503-4ab7-9036-d866b8ddce69. 18 March 2022.

Echeverría-Sáenz, S., Mena, F., Pinnock, M., et al. 2012. Environmental hazards of pesticides from pineapple crop production in the Río Jiménez watershed (Caribbean Coast, Costa Rica).Science of the Total Environment 440: 106–114.

EN 15662. 2008. Foods of plant origin - Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LCMS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE – QuEChERS method.

EPA. 1996. Reregistration eligibility decision (RED): Bromacil. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-012301_1-Aug-96.pdf. 5 July 2024.

EPA. 2001. Environmental risk assessment for the reregistration of diuron. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/cleared_reviews/csr_PC-035505_27-Aug-01_043.pdf. 5 July 2024.

Hammani, B., Bahri, M., Hassine, S.B., Driss, M.R. 2017. Development of Liquid Chromatography Separation and a Solid-Phase Extraction Method for Phenoxy Alkanoic Acid Herbicides in Water. Mod. Chem. 4: 1–8.

IUPAC. 2019. Global availability of information onagrochemicals. Pesticide Properties DataBase. https://www. sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm, 25 March 2019.

Muendo, B.M., Lalah, J.O., Getenga, Z.M. 2012. Behavior of pesticide residues in agricultural soil and adjacent River Kuywa sediment and water samples from Nzoia sugarcane belt in Kenya. Environmentalist. 32:433–444.

Oliveira, R.S., Koskinen, W.C., Fereira, F.A. 2001. Sorption and leaching potential of herbicides on Brazillian soils. Weed Res. 41: 97–100.

Rafal S., Ksmierska, A., Bernat, P. 2018. Ametryn removal by Metarhizium brunneum: Biodegradation pathway proposal and metabolic background revealed. Chemosphere 190: 174–183.

Sabir K., Hussainc, S., Wonga, A., Foguel, M.V., Gonçalvesd, L.M., Gurgoe, M.I.P., Sotomayor, M.P. 2018. Synthesis and characterization of magnetic-molecularly imprinted polymers for the HPLC-UV analysis of ametryn. React. Funct. Polym. 122: 175–182.

Sutherland, J.D., Steaman.K.G., Wells, M.J.M. 2003. Development of an Analytical Scheme for Simazine and 2,4-D in Soil and Water Runoff from Ornamental Plant Nursery Plots J. Agric Food Chem. 51: 14–20.

U.S. EPA, 1994. Organophosphorus compound by Gas Chromatography capillary column technique. In-house method. 2005. EPA method 8141A, Revision 1.

U.S.EPA. 2005. Reregistration Eligibility Decision (RED) for Ametryn. https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/ametryn_red.pdf. 22 Jan. 2024.

U.S. EPA. 2003. 2002 Edition of the drinking water standards and health advisories: EPA 822-R-02-038. http://www.epa.gov, Water science, 20 June 2015.

U.S. EPA. 2018. National primary drinking water regulations. United States Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations_.10 Feb 2022.

Zhu Y. and Q.X. Li. 2002. Movement of bromacil and hexazinone in soils of Hawaiian pineapple fields. Chemosphere 49: 669–674.

ภาคผนวก 1



Fig. 5 Unsafe disposal of pesticide packets and containers at fields





Fig. 6 Interview farmers and soil, water sediment and pineapple sample collection from pineapple crops at Chon Buri and Rayong Province



Fig. 7 sample analyzed

การจัดการปัญหาข้อเสนอแนะและแนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกรในตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

Management problems suggestions and guidelines for Cassava Mosaic Disease management of farmers in Thong Chai Nuea Sub-District, Pakthong Chai District, Nakhon Ratchasima Province

ศลิตา พลไชย[a,*], **ธำรงเจต พัฒมุข**[b], **สัจจา บรรจงศิริ**[b], **วนาลัย วิริยะสุธี**[b]
Salita phonchai[a,*], Thamrongjet Puttamuk[b], Sujja Banchongsiri[b], Wanalai Viriyasuthee[b]
[a]นักศึกษาหลักสูตรเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการทรัพยากรเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120
[b]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120
[a]Master of Agriculture (Agricultural Resources Management), School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand
[b]School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: p30salita@gmail.com

บทคัดย่อ

โรคใบด่างมันสำปะหลังเป็นโรคที่สร้างความเสียหายอย่างรุนแรงในการผลิตมันสำปะหลัง จึงได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกรในตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา เป็นการวิจัยแบบผสมวิธี ประกอบด้วย การวิจัยเชิงปริมาณ ศึกษาจากประชากรทั้งหมดที่เป็นผู้ปลูกมันสำปะหลังในตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ที่ขึ้นทะเบียนกับกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2566/67 จำนวน 156 ราย เก็บข้อมูลโดยการสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการประชุมกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่เป็นนักวิชาการเกษตร ผู้นำชุมชน อาสาสมัครเกษตรหมู่บ้าน และตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง รวม 15 ราย นำข้อมูลมาวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า (1) การจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกรพบว่า มีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ การสำรวจแปลงมันสำปะหลังแบบเดินสุ่มทั่วแปลงอย่างสม่ำเสมอ การประเมินพื้นที่ระบาดของโรครายแปลงด้วยสายตาอย่างสม่ำเสมอ และการไถพรวนเพื่อตากดินและทำลายแมลงหวี่ขาวยาสูบในระยะดักแด้ก่อนปลูกในฤดูกาลใหม่ ส่วนการขออนุญาตในการขนย้ายท่อนพันธุ์จากสำนักงานพาณิชย์จังหวัดปฏิบัติอยู่ในระดับน้อยที่สุด (2) เกษตรกรมีปัญหาในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังอยู่ในระดับมากทั้ง 6 ด้าน คือ ด้านการตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด ด้านสังคมและด้านเศรษฐกิจ ด้านการส่งเสริมและสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ด้านการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ด้านความรู้เรื่องโรคใบด่างมันสำปะหลัง และด้านวิธีการ/แนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง โดยมีข้อเสนอแนะทั้ง 6 ด้านข้างต้นอยู่ในระดับมากเช่นกัน (3) แนวทางในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง คือ ภาครัฐถ่ายทอดความรู้ รณรงค์ประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรไม่นำท่อนพันธุ์ติดโรคเข้ามาในพื้นที่ เกษตรกรรวมกลุ่มกัน และสร้างเครือข่ายในการผลิตพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด และกำจัดแมลงพาหะและพืชอาศัยของแมลงพาหะ

คำสำคัญ: การจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง, แนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง, ปัญหาโรคใบด่างมันสำปะหลัง

Abstract

Cassava mosaic disease is a disease that causes serious damage to cassava production. Therefore, research was conducted to study Cassava Mosaic Disease (CMD) Management in Thong Chai Nuea Sub-district, Pakthong Chai District, Nakhon Ratchasima Province. Mixed-method research consists of: Quantitative Research a study of the total population of cassava growers in North Thong Chai District. Pak Thong Chai, Nakhon Ratchasima Province who registered with the Department of Agricultural Promotion in 2023/24 with a total of 156 cases. The data was analyzed with descriptive statistics and qualitative research by a group of 15 data providers who were agricultural scholars, community leaders, village agricultural volunteers, and representatives of cassava farmers and total of 15 people. Data were analyze with content analysis. The results showed that: (1) The management of cassava mosaic disease by farmers was found to be moderate, including regular random surveys of cassava plots throughout the plots. Regular visual assessment of the disease outbreak area and tillage to dry the soil and destroy the tobacco whitefly in the pupal stage before planting in the new season. The application for permission to transport the variety from the Provincial Commercial Office is minimal. (2) Farmers have a high level of problems in managing cassava mosaic disease in all 6 aspects: awareness of the importance of producing clean cassava varieties, social and economic aspects; Promotion and support from relevant agencies In terms of management of cassava mosaic disease, knowledge of cassava mosaic disease, and methods/guidelines for the management of cassava mosaic disease, the above 6 suggestions are also at a high level. (3) The guidelines to managing cassava mosaic disease is that the government transfers knowledge and conducts public relations campaigns for farmers not to bring infected varieties into the area. Farmers gather together and build a network to produce clean cassava varieties and eliminate insect carriers and resident plants of insect carriers.

Keywords: Cassava mosaic disease management, Cassava mosaic disease problems, Guidelines for cassava mosaic disease

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย โดยมีมูลค่าการส่งออกกว่าปีละ 100,000 ล้านบาท ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังอันดับ 2 ของโลก รองมาจากประเทศไนจีเรีย แต่สามารถส่งออผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 8.9 ล้านไร่ ครอบคลุมทั้งหมด 54 จังหวัด มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ง่าย ปลูกได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัญหาเรื่องโรคและแมลงน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น แต่ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทยกำลังประสบปัญหาจากการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลัง 40–100% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอายุของมันสำปะหลังที่ติดเชื้อ *Cassava Mosaic Virus* (วันวิสา และคณะ, 2563) โรคใบด่างมันสำปะหลัง สาเหตุโรคเกิดจากเชื้อ *Cassava Mosaic Virus* ลักษณะอาการของโรค คือ ใบด่างและใบหงิก เสียรูปทรง ต้นแคระแกร็น และมีแมลงหวี่ขาวยาสูบ เป็นพาหะนำโรคใบด่างมันสำปะหลัง โดยมีพืชอาศัยของเชื้อ *Cassava Mosaic Virus* สาเหตุโรค ได้แก่ มันสำปะหลัง ละหุ่ง สบู่ดำ พืชวงศ์ไปล้า (Euphorbiaceae) เช่น ใบทองแดง ปรอท และพืชอาศัยของแมลงหวี่ขาวยาสูบ ได้แก่ กะเพรา โหระพา ผักชีฝรั่ง สะระแหน่ แมงลัก ยี่หร่า รวมถึงพืชวงศ์ถั่ว พืชวงศ์แตง และพืชวงศ์ Solanaceae เช่น มะเขือ พริก ยาสูบ (กรมวิชาการเกษตร, 2564) การแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังสามารถถ่ายทอดผ่านทางท่อนพันธุ์ที่เป็นโรค และแมลงหวี่ขาวยาสูบ เป็นการถ่ายทอดไวรัสแบบ persistent (Dubern, 1994; Tokunaga et al., 2018) ซึ่งทำให้มีการแพร่กระจายและเกิดการระบาดได้อย่างรวดเร็ว การถ่ายทอดเชื้อ *Cassava Mosaic Virus* โดยอาศัยแมลงพาหะ จัดว่าเป็นการถ่ายทอดเชื้อที่มีความสำคัญมาก เพราะสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและควบคุมได้ยาก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) รายงานว่าประเทศไทยพบโรคใบด่างมันสำปะหลังครั้งแรกในเดือนสิงหาคม ปี 2561 และหลังจากการสำรวจพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังแบบครอบคลุมพื้นที่อย่างต่อเนื่อง พบการระบาดเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา โดยข้อมูลการระบาด ณ วันที่ 28 สิงหาคม 2562 พบพื้นที่ระบาด จำนวน 45,400 ไร่ ในพื้นที่ 11 จังหวัด เนื่องจากการเคลื่อนย้ายท่อนพันธุ์ที่ติดโรคมาปลูก รวมทั้งมีแมลงหวี่ขาวยาสูบเป็นพาหะนำโรค ทำให้การระบาดขยายตัวเป็นวงกว้าง ส่งผลกระทบกับเกษตรกรและภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีมูลค่ากว่าแสนล้านบาท ปัจจุบันกองส่งเสริมอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย กรมส่งเสริมการเกษตร รายงานสถานการณ์การระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ข้อมูล ณ วันที่ 30 ตุลาคม 2567 พบว่ามีการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ 38 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา กาฬสินธุ์ ขอนแก่น กาญจนบุรี ชัยภูมิ นครสวรรค์ อุทัยธานี ชลบุรี กำแพงเพชร สุรินทร์ สระแก้ว ระยอง ฉะเชิงเทรา อุบลราชธานี สระบุรี ชัยนาท ราชบุรี ยโสธร อุดรธานี บุรีรัมย์ มุกดาหาร ศรีสะเกษ ลพบุรี สุพรรณบุรี มหาสารคาม ร้อยเอ็ด เพชรบูรณ์ ปราจีนบุรี อำนาจเจริญ พิจิตร สกลนคร พิษณุโลก ตาก เพชรบุรี เลย สุโขทัย จันทบุรี และจังหวัดหนองคาย ซึ่งมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จำนวนวน 9,894,367.39 ไร่ มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง จำนวน 844,356.85 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.53 ของพื้นที่ปลูก

พื้นที่ตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทย พบปัญหาการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังและมีแนวโน้มที่จะลุกลามไปยังพื้นที่อื่น ๆ รวมถึงส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง และภาคอุตสาหกรรมมันสำปะหลังของประเทศไทย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสภาพสังคมและเศรษฐกิจ ในการผลิตมันสำปะหลัง ความรู้และวิธีการปฏิบัติในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร พร้อมทั้งปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ซึ่งจะนำผลวิเคราะห์ที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังให้กับเกษตรกร เพื่อตัดวงจรการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง และนำไปสู่การแก้ไขปัญหาโรคใบด่างมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาความรู้ในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร

2.2 เพื่อศึกษาการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร

2.3 เพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร

2.4 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

วิธีการวิจัย

1. การวิจัยเชิงปริมาณ

1.1 ประชากรในการวิจัย คือ เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 156 ราย เก็บข้อมูลจากประชากรผู้ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมดโดยการสอบถาม

1.2 เครื่องมือ ประกอบด้วย แบบสอบถาม และแบบประเมินความรู้ในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกรมีประเด็นคำถามหลัก ได้แก่ สภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร การจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง

1.3 การเก็บรวมรวมข้อมูล ผู้วิจัยชี้แจงทำความเข้าใจกับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังของตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 156 ราย และเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ผลการวิจัย

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด–สูงสุด

2. การวิจัยเชิงคุณภาพ

2.1 กลุ่มผู้ให้ข้อมูล คือ นักวิชาการเกษตรที่เกี่ยวข้อง 2 ราย ผู้นำชุมชน 2 ราย อาสาสมัครเกษตรหมู่บ้าน 1 ราย ตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง 10 ราย รวม 15 ราย เลือกวิธีแบบเจาะจง เก็บข้อมูลโดยการประชุมกลุ่ม

2.2 เครื่องมือ ประกอบด้วยแบบบันทึกการประชุมกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค และแนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง

2.3 การเก็บรวมรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการนัดหมายเพื่อเก็บข้อมูลกลุ่มผู้ให้ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้กลุ่มผู้ให้ข้อมูลเห็นประโยชน์ และความสำคัญในการทำวิจัยครั้งนี้ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค แล้วจัดทำกลยุทธ์สำหรับกำหนดแนวทางในการพัฒนาเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา การวิเคราะห์ SWOT และTOWS Matrix

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร (Table 1)

Table 1 Management of Cassava Mosaic Disease of farmers

n = 156

Method of practice	$\bar{x}$	S.D.
1. Survey their cassava plots by random walking around the plots regularly.	3.33	0.74
2. You visually assess areas with cassava mosaic disease on a regular basis in each plot.	3.20	0.89
3. Plow the soil dry for destroy tobacco whitefly before planting in the new season.	3.18	1.17
4. Requested permission to transport cassava stalks from the Office of Provincial Commercial Affairs.	1.43	1.83

Average level of practice: 1.00–1.80 = least, 1.81–2.60 = little, 2.61–3.40 = moderate, 3.41–4.20 = a lot, 4.21–5.00 = the most

วิธีการปฏิบัติในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกรพบว่า เกษตรกรมีการปฏิบัติในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ การสำรวจแปลงมันสำปะหลังแบบเดินสุ่มทั่วแปลงอย่างสม่ำเสมอ การประเมินพื้นที่ระบาดของโรครายแปลงด้วยสายตาอย่างสม่ำเสมอ และการไถพรวนเพื่อตากดินและทำลายแมลงหวี่ขาวยาสูบในระยะดักแด้ก่อนปลูกในฤดูกาลใหม่ ส่วนการขออนุญาตในการขนย้ายท่อนพันธุ์จากสำนักงานพาณิชย์จังหวัดปฏิบัติอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 2 สภาพปัญหาและข้อเสนอแนะในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร (Table 2)

Table 2 Problems for management of cassava mosaic disease

n = 156

Problems	$\bar{x}$	S.D.
1. Side knowledge about cassava mosaic disease	3.57	0.70
2. Side methods/guidelines for management of cassava mosaic disease	3.48	0.59
3. Side management of cassava mosaic disease	3.70	0.69
4. Side promotion and support from relevant agencies	3.72	0.66
5. Side social and economic	3.82	0.69
6. Side realize the importance of producing clean cassava stalks in the community	3.98	0.74

Average level of problems: 1.00–1.80 = least, 1.81–2.60 = little, 2.61–3.40 = moderate, 3.41–4.20 = a lot, 4.21–5.00 = the most

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีปัญหาเกี่ยวกับการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง อยู่ในระดับมากทั้ง 6 ประเด็น คือ ปัญหาด้านการตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด ด้านสังคมและด้านเศรษฐกิจ ด้านการส่งเสริมและสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ด้านการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ด้านความรู้เรื่องโรคใบด่างมันสำปะหลัง และด้านวิธีการ/แนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Suggestions for management of cassava mosaic disease

n = 156

Suggestions	$\bar{x}$	S.D.
1. Side knowledge about cassava mosaic disease	3.98	0.60
2. Side methods/guidelines for management of cassava mosaic disease	3.89	0.48
3. Side management of cassava mosaic disease	3.75	0.51
4. Side promotion and support from relevant agencies	3.93	0.56
5. Side social and economic	3.81	0.59
6. Side realize the importance of producing clean cassava stalks in the community	3.90	0.63

Average level of suggestions: 1.00–1.80 = least, 1.81–2.60 = little, 2.61–3.40 = moderate, 3.41–4.20 = a lot, 4.21–5.00 = the most

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีข้อเสนอแนะต่อการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง อยู่ในระดับมากทั้ง 6 ประเด็น คือ ด้านความรู้ ด้านการส่งเสริมและสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ด้านการตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของชุมชน ด้านวิธีการ/แนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ด้านสังคมและด้านเศรษฐกิจ และด้านการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ตามลำดับ

ตอนที่ 3 แนวทางในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร

จากการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ในด้านความรู้ในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาประชุมกลุ่มเพื่อจัดทำแนวทางในการพัฒนาการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ดังนี้ (Table 4)

Table 4 Analysis of internal and external factors (SWOT Analysis) affecting the Cassava Mosaic Disease Management of Farmers in Thong Chai Nuea Sub-district, Pakthong Chai District, Nakhon Ratchasima Province

Strength	Weakness
1. The most farmers have experience in growing cassava. 2. Use of agricultural labor in households. 3. Use your own cassava stalks from the previous production season. 4. There are large scale farmer groups in the area. 5. The large scale farmer groups have agricultural machinery. 6. There are sources for purchasing cassava product in the area. 7. Use cassava stalks that are resistant for cassava mosaic disease. 8. Use agricultural machinery to save labor costs. 9. The grouping to grow cassava, which make for sell the cassava product high price. 10. Plant cassava alternately with corn.	1. The most farmers rent land for farming. 2. There aren't enough clean cassava stalks for farmers to use. 3. Use of cassava varieties not certified by the Department of Agriculture. 4. The water sources lacks to the dry season. 5. The soil lacks fertility. 6. Small farmers can't negotiate purchase prices with factories or cassava purchasing sources. 7. Some farmers don't have production planning. 8. High production costs. 9. Shortage of labor during the planting and harvesting periods of cassava.
Opportunity	**Threat**
1. There is a source for purchasing cassava not far from the community. 2. Transportation routes are convenient. 3. Received knowledge transfer on cassava mosaic disease from government agencies.	1. A natural disaster occurred in the area. 2. There aren't large water sources in the area. 3. The factories or cassava purchasing sources are the ones who determine the purchasing. 4. Fertilizers and chemicals for pesticide are expensive. 5. Government assistance programs and policies aren't continuity.

จากการวิเคราะห์ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกต่อการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา นำมากำหนดกลยุทธ์เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ดังนี้

1.กลยุทธ์เชิงรุก (SO)

1.1 ภาครัฐเข้ามามีบทบาทในเรื่องการถ่ายทอดความรู้โดยจัดการอบรมเพื่อป้องกันการระบาดของ โรคใบด่างไม่ให้มีผลกระทบต่อภาคการเกษตร และภาคธุรกิจการเกษตร (S4, 7, 9, 10, O3)

1.2 พัฒนาให้เกษตรกรรวมกลุ่มกันในการผลิตพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดทนทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังและสามารถเพิ่มจำนวนแปลงพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดภายในกลุ่มให้เพียงพอต่อความต้องการ (S1, 3, 4, 7, 9, O3)

2. กลยุทธ์เชิงแก้ไข (WO)

2.1 เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รณรงค์และประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรไม่นำมันสำปะหลังพันธุ์อ่อนแอต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง และพันธุ์ที่ไม่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานภาครัฐมาปลูกในพื้นที่ (S3, O3)

2.2 ส่งเสริมให้เกษตรกรรวมกลุ่มกันผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด ทนทาน/ต้านทานต่อโรคใบด่าง และแลกเปลี่ยนความรู้เรื่องการผลิตมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มราคาผลผลิต (S2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, O1, 2 3)

3. กลยุทธ์เชิงป้องกัน (ST)

3.1 เจ้าหน้าที่ภาครัฐเข้ามาส่งเสริมและพัฒนาให้เกษตรกรมีการจัดการกลุ่มแปลงใหญ่มันสำปะหลัง และสร้างเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังกับชุมชนใกล้เคียง เพื่อป้องกันไม่ให้โรคใบด่างมันสำปะหลังเข้ามาระบาดในพื้นที่ (S4, 5, 7, 9, T5)

3.2 พัฒนาองค์ความรู้ด้านการผลิตมันสำปะหลังปลอดโรคใบด่างให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (S1, 4, 7, 9, 10, T1, 2)

3.3 เกษตรกรค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมด้านสภาพภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อการเกิดโรคใบด่าง (S5, 9, T1)

4. กลยุทธ์เชิงรับ (WT)

4.1 ส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังเข้าร่วมกลุ่มแปลงใหญ่มันสำปะหลัง (W2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, T5)

4.2 ส่งเสริมให้มีการสร้างเครือข่ายเกษตรกรกลุ่มผู้ปลูกมันสำปะหลังกับชุมชนอื่น ๆ เพื่อผลิตพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดและป้องกันการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ (W1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, T2, 3, 5)

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาแนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา สามารถนำมาอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 การจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร

วิธีการปฏิบัติในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีการปฏิบัติในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังมากที่สุด คือ เกษตรกรมีการสำรวจแปลงมันสำปะหลังแบบเดินสุ่มทั่วแปลงอย่างสม่ำเสมอ และเกษตรกรมีการปฏิบัติในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังน้อยที่สุด คือ การขออนุญาตในการขนย้ายท่อนพันธุ์จากสำนักงานพาณิชย์จังหวัด จากผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการปฏิบัติในประเด็นนี้ค่อนข้างน้อยอาจเป็นเพราะว่าเกษตรกรยังไม่ทราบถึงขั้นตอนการปฏิบัติในการขออนุญาตขนย้ายท่อนพันธุ์ ตามประกาศคณะกรรมการส่วนจังหวัดว่าด้วยราคาสินค้าและบริการ มองว่าเป็นขั้นตอนที่มีความยุ่งยาก และเป็นการเพิ่มภาระให้กับเกษตรกรเอง ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องเร่งประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรได้รับทราบถึงขั้นตอนการปฏิบัติที่ถูกต้องตามประกาศคณะกรรมการส่วนจังหวัดว่าด้วยว่าด้วยราคาสินค้าและบริการ

ตอนที่ 2 สภาพปัญหาและข้อเสนอแนะในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร

ผลการวิจัยพบว่า

2.1 เกษตรกรมีปัญหาเกี่ยวกับการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังมากที่สุด คือ ด้านการตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดของชุมชนมาก และมีปัญหาด้านวิธีการ/แนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ (นุชณา, 2565) ศึกษาการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของเกษตรกรในตำบลเขาทอง อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าเกษตรกรต้องการความรู้เรื่องการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง (3.95) และเกษตรกรขาดความรู้เรื่องการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง (3.73) ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องเร่งจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด เพื่อให้เกษตรกรสามารถผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดนำมาใช้ในฤดูการผลิตรอบถัดไปได้

2.2 เกษตรกรมีข้อเสนอแนะต่อการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังด้านความรู้มากที่สุด เนื่องจากเกษตรกรประสบปัญหาการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง จึงต้องการวิธีการหรือแนวทางในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ทั้งนี้ หน่วยงานภาครัฐและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจึงควรมีการจัดอบรมถ่ายทอดความรู้ที่เกี่ยวข้องกับโรคใบด่างมันสำปะหลังให้เหมาะสมตามบริบทพื้นที่ของเกษตรกร สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ชัชวาลย์, 2565) ศึกษาการส่งเสริมการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในอำเภอตาพระยา จังหวัดสระแก้ว พบว่าเกษตรกรมีปัญหาด้านการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในระดับมากทุกประเด็น ซึ่งประเด็นที่เป็นปัญหาเรียงจากมากไปน้อย คือ ด้านการสำรวจแปลง ด้านการกำจัดแมลงพาหะ ด้านการจัดการต้นมันสำปะหลังที่เป็นโรค และด้านการเตรียมท่อนพันธุ์สะอาด ตามลำดับ

ตอนที่ 3 แนวทางในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร

ผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรมีแนวทางในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง คือ ภาครัฐเข้ามามีบทบาทในเรื่องการถ่ายทอดความรู้และรณรงค์และประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรไม่นำมันสำปะหลังพันธุ์อ่อนแอต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังและพันธุ์ที่ไม่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานภาครัฐมาปลูกในพื้นที่ แนวทางดังกล่าวมาจากจากผลการสอบถามและการวิเคราะห์ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกสอดคล้องกันจาก เกษตรกรมีปัญหาด้านความรู้เกี่ยวกับโรคใบด่างและมีข้อเสนอแนะด้านความรู้เรื่องโรคใบด่างมันสำปะหลังในระดับมากกว่าเรื่องอื่น หากเกษตรกรมีความรู้ก็จะนำไปสู่การสร้างความตระหนักและร่วมมือกันในการป้องกันกำจัดและควบคุมไม่ให้มีการระบาดของโรค ซึ่งเบื้องต้นสาเหตุหลักมาจากการนำท่อนพันธุ์ที่มีโรคเข้ามาภายในพื้นที่ทำให้การระบาดรุนแรง ซึ่งการจะทำให้ได้ผลต้องพัฒนาให้เกษตรกรรวมกลุ่มกันและส่งเสริมให้มีการสร้างเครือข่ายเกษตรกรในการผลิตพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด และกำจัดแมลงพาหะและพืชอาศัยของแมลงพาหะ ซึ่ง ขวัญสุดา (2566) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการป้องกันโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกรในอำเภอหนองบัวระเหว จังหวัดชัยภูมิ พบว่า เกษตรกรร้อยละ 67.1 ควบคุมแมลงพาหะโดยการแช่ท่อนพันธุ์

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่า การสำรวจแปลงมันสำปะหลังแบบเดินสุ่มทั่วแปลงอย่างสม่ำเสมอ การประเมินพื้นที่ระบาดของโรครายแปลงด้วยสายตาอย่างสม่ำเสมอ และการไถพรวนเพื่อตากดินและทำลายแมลงหวี่ขาวยาสูบในระยะดักแด้ก่อนปลูกในฤดูกาลใหม่มีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนการขออนุญาตในการขนย้ายท่อนพันธุ์จากสำนักงานพาณิชย์จังหวัดปฏิบัติอยู่ในระดับน้อยที่สุด

2. ปัญหาและข้อเสนอแนะในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ในด้านการตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด ด้านสังคมและด้านเศรษฐกิจ ด้านการส่งเสริมและสนับสนุนจากหน่วยงาน

ที่เกี่ยวข้อง ด้านการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง ด้านความรู้เรื่องโรคใบด่างมันสำปะหลัง และด้านวิธีการ/แนวทางการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง พบอยู่ในระดับมาก

3. แนวทางในการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลัง คือ ภาครัฐถ่ายทอดความรู้ รณรงค์ประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรไม่นำพันธุ์มันสำปะหลังที่ปนเปื้อนโรคใบด่างเข้ามาในพื้นที่ เกษตรกรรวมกลุ่มและสร้างเครือข่ายในการผลิตพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด และกำจัดแมลงพาหะและพืชอาศัยของแมลงพาหะ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง และผู้นำชุมชน ของตำบลธงชัยเหนือ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลเพื่อการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2564. การเพิ่มศักยภาพการผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2562. คู่มือการสำรวจโรคใบด่างมันสำปะหลัง. กรุงเทพมหานคร. กรมส่งเสริมการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองส่งเสริมอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย. 2567. รายงานสถานการณ์การระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง. กรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

ขวัญสุดา ขันบุตร. 2566. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการป้องกันโรคใบด่างมันสำปะหลังของเกษตรกรในอำเภอหนองบัวระเหว จังหวัดชัยภูมิ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.

ชัชวาลย์ ใจฟอง. 2565. การส่งเสริมการจัดการโรคใบด่างมันสำปะหลังในอำเภอตาพระยา จังหวัดสระแก้ว. (วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช: นนทบุรี

นุชณา ภัทรไพบูลย์ชัย. 2565. การส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของเกษตรกรในตำบลเขาทอง อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช: นนทบุรี

วันวิสา ศิริวรรณ์ และคณะ. 2563. การศึกษาอัตราการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังในท่อนพันธุ์สะอาด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 51(2): 181–191.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. การประเมินผลโครงการป้องกันและกำจัดโรคใบด่างมันสำปะหลัง. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Dubern, J. 1994. Transmission of African cassava mosaic geminivirus by the whitefly (*Bemisia tabaci*). Trop. Sci. 34: 82–91.

Tokunaga, H., Baba, T., Ishitani, M., Kasumi, I.K., Le, O.K., Maejima, K., Namba, S., Natsuaki K., Dong, N.V. 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.

การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดแมลง ฟิโพรนิล ในองุ่น ต่อเกษตรกร ผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม

Risk assessment of insecticide fipronil used in table grapes to farmers, consumers and environment

ลักษมี เดชานุรักษ์นุกูล*, **สิริโชค วงศ์ศรีไพศาล**, **ปภัสรา คุณเลิศ**, **นพดล มะโนเย็น**, **ทิตยา บุญทองโท**
Laksamee Dachanuraknukul*, Sirichok Wongsripaisan, Paphatsara Khunlert, Noppadon Manoyen, Tittaya Boontongto
กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900
Agricultural Toxic Substance Research Group, Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: d_laksamee@yahoo.com

บทคัดย่อ

ศึกษาและประเมินผลกระทบของฟิโพรนิลต่อเกษตรกร ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมในแปลงองุ่น ที่จังหวัดราชบุรี ใช้ฟิโพรนิล 5% W/V SC อัตรา 20 mL ต่อน้ำ 20 L ด้วยเครื่องยนต์พ่นสาร พ่นครั้งแรกเมื่อองุ่นเริ่มติดช่อดอก รวม 3 ครั้ง ทุก 7 วัน และอีก 1 ครั้งวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตองุ่น รวม 4 ครั้ง ทุกครั้งหลังพ่นสารเก็บตัวอย่างแผ่นผ้าจากร่างกายผู้พ่นสาร น้ำล้างมือ น้ำล้างเท้า ตัวอย่างดิน น้ำ และตะกอนดินจากร่องน้ำในแปลง และทำการพ่นสารกำจัดแมลง fipronil 1 ครั้งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิตองุ่น สุ่มเก็บตัวอย่างองุ่นจากแปลงควบคุม และแปลงพ่นสารกำจัดแมลง fipronil หลังการพ่นครั้งสุดท้ายที่ 0, 1, 3, 5, 7 และ 14 วัน รวม 6 ครั้ง เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างของ fipronil และเมตาโบไลต์ 4 ชนิด ได้แก่ fipronil sulfide, fipronil sulfone, fipronil desulfinyl และ fipronil carboxamide ด้วยเครื่อง GC-μECD ประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารต่อผู้พ่นได้ค่าขอบเขตความปลอดภัย (Margin of Exposure, MOE) > 100 อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (U.S. EPA, 2005) หลังการพ่นสารครั้งที่ 4 (68 วัน) พบปริมาณสารตกค้าง ในน้ำ<0.01 – 10.028± 1.590 μg/L ดิน <0.01 – 0.135±0.056 mg/kg และตะกอน <0.05 mg/kg องุ่นพบสารตกค้างที่ 0–14 วัน หลังพ่นสาร 0.21±0.09–0.052±0.008 mg/kg สูงกว่า Codex MRL (0.005 mg/kg) ค่าครึ่งชีวิตของฟิโพรนิลและเมตาโบไลต์ในดิน 43.3–138.6 วัน ในน้ำ 7.6–27.7 วัน การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพใน ดิน น้ำ และองุ่น อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (HQ < 1) การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยค่า RQ ของดินและน้ำมีความเสี่ยงสูง (RQ >1) ดังนั้นการใช้สารป้องกันกำจัดแมลง fipronil ผู้พ่นสารควรสวมใส่อุปกรณ์และชุดป้องกันในการพ่นสาร และระมัดระวังการระบายน้ำลงสู่ลำคลอง เพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินและน้ำ

คำสำคัญ: ค่าขอบเกณฑ์ความปลอดภัยสิ่งแวดล้อม, สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง, ฟิโพรนิล

Abstract

This study investigated the impact of fipronil on the environment, consumers, and operators in a grape orchad in Ratchaburi Province. The investigation involved the use of a motorboat sprayer to apply 5% W/V SC fipronil at a rate of 20 mL/water 20 L, applied with a motorized sprayer. The first application was conducted when grape started flowering, followed by three additional applications at 7-day intervals, and one final application on the harvest day, totaling four applications. After each spraying session, samples were collected, including absorbent patches from the sprayer's body, hand-washing water, foot-washing water, soil samples, irrigation water, and sediment from orchard ditches. On the harvest day, grapes were sampled from both control plots and fipronil-treated plots at six intervals after the final application: 0, 1, 3, 5, 7, and 14 days. Residues of fipronil and its four metabolites—fipronil sulfide, fipronil sulfone, fipronil desulfinyl, and fipronil carboxamide—were analyzed using a GC-μECD.The risk assessment for sprayer exposure showed a Margin of Exposure (MOE) > 100, indicating an acceptable safety level (U.S. EPA, 2005). After the fourth application (68 days), residue levels were detected as follows: in water, <0.01–10.028 ± 1.590 μg/L; in soil, <0.01–0.135±0.056 mg/kg; and in sediment, <0.05 mg/kg. Residue levels in grapes collected 0–14 days after spraying ranged from 0.211±0.09 to 0.052±0.008 mg/kg, which exceeded the Codex MRL (0.005 mg/kg). The half-life of fipronil and its metabolites was estimated to be 43.3–138.6 days in soil and 7.6–27.7 days in water. The health risk assessment for soil, water, and grapes showed acceptable risk levels (HQ < 1). However, the environmental risk assessment indicated high risks for soil and water, with RQ values exceeding 1 (RQ > 1). Therefore, it is recommended that sprayers wear protective equipment and clothing during application and take precautions to prevent water runoff into canals to minimize the risks to soil and aquatic organisms.

Keywords: Fipronil, Margin of Exposure (MOE), Pesticide residue

คำนำ

ฟิโพรนิล (fipronil) เป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่ม phenylpyrazole ออกฤทธิ์ในทางสัมผัสและกินตาย มีความเป็นพิษจัดอยู่ในระดับ Class II (World Health Organization (WHO), 2011) ค่าความเป็นพิษทางปาก (oral) ในหนูตัวผู้มีปริมาณของสารทดสอบต่อน้ำหนักตัวสัตว์ ที่ป้อนเพียงครั้งเดียวแล้วทำให้เกิดการตาย 50% ของกลุ่มสัตว์ทดสอบ (Medium lethal Oral Dose; LD_{50}) เท่ากับ 18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในหนูตัวเมีย LD_{50} เท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าความเป็น พิษทางผิวหนัง (dermal) ในหนูตัวผู้มีค่า LD_{50} มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกระต่าย 354 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Turner, 2018) นอกจากนี้ fipronil มีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์น้ำ (Gunasekara and Troung, 2007)

มีรายงานว่าสารกำจัดแมลง fipronil เกิดกระบวนการเมทาบอลิซึมได้หลายรูปแบบตามแต่สภาวะแวดล้อมและปฏิกิริยาทางเคมี เช่น เมื่อถูกแสง (photolysis) เกิดการสลายตัวเป็น fipronil-desulfinyl หรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) สลายตัวเป็น fipronil-sulfone หรือเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) สลายตัวเป็น fipronil-sulfide หรือเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) สลายตัวเป็น fipronil-carboxamide กระบวนการเมทาบอลิซึมที่เกิดบางชนิดมีความเป็นพิษสูงกว่าสารตั้งต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อสัตว์น้ำ (Gunasekara and Troung, 2007)

สารกำจัดแมลง fipronil เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช หลายชนิด เช่น หนอนม้วนใบข้าว หนอนชอนใบ หนอนกอข้าว หนอนใยผัก เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ เพลี้ยไฟพริก เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ด้วงหมัดผัก แมลงหวี่ขาว และไรขาวพริก ที่เข้าทำลายในพืชหลายชนิด เช่น พืชตระกูลส้ม องุ่น มะเขือเทศ ข้าว ถั่วฝักยาว พริก มันเทศ แตงโม มะเขือยาว หัวหอม และพืชตระกูลกะหล่ำ (ศรีจำนรรจ์ และพฤทธิชาติ, 2566) สูตรผสมที่ใช้ในประเทศไทยคือ 5% SC ซึ่งมีอัตราการใช้แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช แมลง และศัตรูพืช (ศรีจำนรรจ์ และพฤทธิชาติ, 2566) ความคงทน ในสิ่งแวดล้อม มีค่าครึ่งชีวิต (half-life, $t_{1/2}$) ในดินประมาณ 124 ถึง 139 วัน ในน้ำที่ pH 9 มีค่าครึ่งชีวิต (half-life, $t_{1/2}$) เท่ากับ 32 วัน และที่ pH 10 มีค่าครึ่งชีวิต (half-life, $t_{1/2}$) เท่ากับ 5 วัน (Gunasekara and Troung, 2007)

องุ่นเป็นไม้ผลชนิดเถาเลื้อยประเภทยืนต้น อยู่ในวงศ์ Vitacea สกุล *Vitis* มีหลายชนิด แต่พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ *Vitis vinifera* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศกึ่งร้อนถึงร้อน นิยมบริโภคผลสด และนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำองุ่นและไวน์ (องุ่น, 2558) แต่เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นการปลูกองุ่นจึงประสบปัญหาเรื่องโรคและแมลงเข้าทำลายจำนวนมากและรวดเร็ว ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมาก จึงเป็นอันตรายต่อเกษตรกรและผู้บริโภคจากการตกค้างของสารเคมีบนผิวขององุ่นที่รับประทานสด (จิระนิล, 2564)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อเกษตรกรผู้ใช้สารกำจัดแมลง fipronil โดยการประเมินผลกระทบจากการสัมผัสสารกำจัดแมลง fipronil ต่อเกษตรกร ปริมาณสารกำจัดแมลง fipronil ที่ตกค้างในองุ่นต่อผู้บริโภค และการตกค้างของสารกำจัดแมลง fipronil ในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ดิน น้ำ และตะกอนดิน การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสทางผิวหนังเกษตรกรผู้พ่นสาร ดินและน้ำที่ปนเปื้อน (Exposure and Risk Assessment) และความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคจากการบริโภคองุ่น โดยใช้ดัชนีบ่งชี้ความอันตราย (Hazard Quotient, HQ) ค่า HQ คำนวณจากค่า ADI (Average Daily Intake; ปริมาณค่าเฉลี่ยที่เกษตรกรหรือผู้บริโภคได้รับสาร fipronil ต่อวัน) เทียบกับค่า RfD (Reference dose; ค่าอ้างอิง คือ ปริมาณสารพิษที่น้อยสุดที่ร่างกายรับได้โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายหรือเป็นพิษต่อร่างกาย)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง ได้แก่ แครงตักน้ำและตะกอน เครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน (soil auger) ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำชนิด High-Density Polyethylene (HDPE) ขนาด 1 ลิตร แผ่นผ้าฝ้ายขนาด 10 × 10 เซนติเมตร ขวดแก้วมีฝาปิด สารป้องกันกำจัดแมลงฟิโพรนิล 5% W/V SC

2. เครื่องแก้วและอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร กระบอกตวง ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร ขวดก้นกลม ขนาด 250 มิลลิลิตร กรวยแก้ว กรวยแยก ขนาด 1,000 มิลลิลิตร หลอดทดลองแบบมีขีดบอกปริมาตร (graduated tube) ขนาด 15 มิลลิลิตร กระดาษกรองเบอร์ 1 ขวดไวออล (vial) ขนาด 2 มิลลิลิตร หลอดเซนตริฟิวจ์ขนาด 15 และ 50 มิลลิลิตร

3. สารเคมี ได้แก่ สารมาตรฐาน fipronil, fipronil sulfide, fipronil sulfone, fipronil desulfinyl และ fipronil carboxamide ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 95%, สารเคมีเกรดวิเคราะห์ (analytical reagent; AR) ได้แก่ ethyl acetate, anhydrous sodium sulfate, hexane, ethyl acetate และ sodium hydrogen carbonate สารเคมีเกรดงานวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช (pesticide grade;PR) ได้แก่ ethyl acetate, hexane และ acetone

4. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องชั่งความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง และ 5 ตำแหน่ง, เครื่องผสมสารละลาย เครื่องเขย่า เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน เครื่องระเหยสารแบบไนโตรเจน เครื่องเขย่ากรวยแยก เครื่องล้างความถี่สูง เครื่องปั่นเหวี่ยง ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง ตู้อบ เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ชนิด Micro-Electron Capture Detector (GC-μECD) บริษัท Agilent Technologies รุ่น 6890N

วิธีการ

1. การปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

1.1 แปลงทดลองปลูกองุ่นของเกษตรกร ที่อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ลักษณะแปลงแบบยกร่อง กว้าง 5 เมตร ยาว 140 เมตร มีน้ำระหว่างร่อง พื้นที่ที่ใช้ในการทดลองพ่นสารกำจัดแมลง fipronil จำนวน 2 ร่อง รวม 1,400 ตารางเมตร และแปลงควบคุม (ไม่พ่นสาร) จำนวน 1 ร่อง ขนาด 700 ตารางเมตร โดยมีระยะห่างจากแปลงที่พ่นสาร 60 เมตร ใช้น้ำจากคลองชลประทาน กำหนดจุดและติดป้ายแสดงจุดเก็บตัวอย่าง สุ่มเก็บ ดิน น้ำ และตะกอนดิน ก่อนพ่นสารป้องกันกำจัดแมลง fipronil

1.2 ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนสารกำจัดแมลง fipronil บนร่างกายของผู้พ่นสาร (Organisation for Economic Co-operation and development (OECD), 1997) ก่อนการพ่นสารทำการติดแผ่นผ้าฝ้ายขนาด 10 × 10 เซนติเมตร ตามส่วนต่างๆบนชุดเสื้อผ้าของผู้พ่นสาร รวมทั้งหมด 16 จุด ได้แก่ หมวก แผ่นผ้าปิดจมูก บ่า 2 ข้าง อกเสื้อด้านใน อกเสื้อด้านนอก ศอก 2 ข้าง หลังด้านใน หลังด้านนอก ต้นขา 2 ข้าง แข้งด้านนอก 2 ข้าง และแข้งด้านใน 2 ข้าง

1.3 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษปนเปื้อนบนร่างกายผู้พ่น

ผู้พ่นสารทำการพ่นสารกำจัดแมลง fipronil 5% W/V SC ตามอัตราการใช้สาร 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร มีอัตราการใช้น้ำ 400 ลิตร/ไร่ ด้วยเรือยนต์แบบ16 หัวฉีด การพ่นสารแบ่งเป็น พ่นครั้งแรกเมื่อองุ่นเริ่มติดช่อดอก (อายุ 60 วันหลังจากตัดแต่งกิ่ง) พ่นจำนวน 3 ครั้ง ทุก 7 วัน และพ่นอีก 1 ครั้งวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตองุ่น (เมื่ออายุ 68 วันหลังจากติดช่อดอก) รวมทั้งหมด 4 ครั้ง ทุกครั้งหลังพ่นสารทำการเก็บตัวอย่างแผ่นผ้าจากร่างกายผู้พ่นสารใส่ในขวดแก้วที่มีฝาปิด (1 จุดต่อขวด) เก็บตัวอย่างน้ำล้างมือ น้ำล้างเท้า ตัวอย่างละ 1 ลิตรใส่ในขวดเก็บน้ำ(เก็บแยกกัน) เก็บตัวอย่างดินใน

แปลงที่ความลึก 11–20 เซนติเมตร จากผิวดิน ประมาณ 1 กิโลกรัม น้ำและตะกอนดินจากร่องน้ำในแปลง เก็บในจุดเดียวกันโดยใช้แครง เก็บตัวอย่างน้ำที่อยู่ใต้ระดับผิวหน้า 6 นิ้วลงไป ประมาณ 1 ลิตร ลงในขวดเก็บ ตัวอย่างตะกอนเก็บใส่ในขวดแก้วประมาณ 1 กิโลกรัม

1.4 หลังการพ่นสารครั้งที่ 3 ทำการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และตะกอน ที่ระยะเวลา 0 (ทิ้งระยะเวลา 2 ชั่วโมง) 1, 3, 5, 7, 10, 15, 30 วัน และ เก็บตัวอย่างดิน น้ำ และตะกอน ก่อนพ่นสารในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตองุ่น (เมื่ออายุ 68 วันหลังจากติดช่อดอก) เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างในดิน น้ำ และตะกอน

1.5 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างในองุ่น โดยทำการพ่นสารกำจัดแมลง fipronil 1 ครั้งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิตองุ่น(อายุ 128 วันหลังจากตัดแต่งกิ่ง) และสุ่มเก็บตัวอย่างองุ่นจากแปลงควบคุม (ไม่พ่นสารกำจัดแมลง fipronil) และแปลงพ่นสารกำจัดแมลง fipronil (แปลงควบคุมและแปลงทดสอบห่าง กันประมาณ 60 เมตร) หลังการพ่นครั้งสุดท้ายที่ 0 วัน (2 ชั่วโมง), 1, 3, 5, 7 และ 14 วัน รวม 6 ครั้ง เก็บตัวอย่างองุ่นใส่ถุงพลาสติก ที่มีป้ายบ่งชี้ตัวอย่าง ปิดปากถุงให้แน่นสนิท เก็บรักษาไว้ในถังใส่น้ำแข็งเพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2. การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

2.1 การหาประสิทธิภาพของวิธีการวิเคราะห์ เพื่อทดสอบหาวิธีสกัดที่เหมาะสม โดยเติมสารมาตรฐานผสมของ fipronil และเมตาโบไลต์อีก 4 ชนิด ได้แก่ fipronil sulfide, fipronil sulfone, fipronil desulfinyl และ fipronil carboxamide ความเข้มข้น 0.05-0.5 ไมโครกรัม/100 ตารางเซนติเมตร (แผ่นผ้า), มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดิน), ไมโครกรัมต่อลิตร (น้ำ) และมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (องุ่น) ลงในตัวอย่างแผ่นผ้า ดิน น้ำ และองุ่นที่ไม่มีสารกำจัดแมลง fipronil และอนุพันธ์ตกค้าง จากนั้นนำมาสกัดตามวิธีของ OECD (1997) สำหรับแผ่นผ้า In-house method based on U.S. Environmental protection Agency (U.S. EPA) (1994) สำหรับน้ำ In-house method based on Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2016a) สำหรับดินและตะกอน และ วิธีดัดแปลงจาก EURL-FV (2011) สำหรับองุ่น ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-μECD เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพการเอาสารกลับคืน (%recovery) เกณฑ์การยอมรับ 60–120% (SANTE/11312, 2021; AOAC, 2016b) ทดสอบค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (Limit of Detection; LOD) และค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง (Limit of Quantitation; LOQ)

2.2 การเตรียมตัวอย่างดินและตะกอน เก็บเศษหิน ใบไม้ กิ่งไม้ หรืออื่นๆ ปลอมปนออก นำตัวอย่างดิน และตะกอนดินผึ่งในถาดสแตนเลส ให้มีความชื้นเหลือประมาณ 10–20% บดตัวอย่างให้ละเอียด-แบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน เพื่อนำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามวิธี Back (1965) และวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง

สำหรับตัวอย่างองุ่น นำไปปั่นละเอียดด้วย เครื่องปั่นอเนกประสงค์ (food processor) ก่อน แล้วนำไป สกัดตัวอย่างต่อไป

2.3 การสกัดสารกำจัดแมลง fipronil จากตัวอย่าง

2.3.1 ตัวอย่างแผ่นผ้า (OECD, 1997) นำขวด Duran ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีตัวอย่างแผ่นผ้าแต่ละตัวอย่าง (1 จุดต่อขวด) มาเติม ethyl acetate (AR) 75 มิลลิลิตร ปิดฝา เขย่าด้วย vortex mixer นาน 1 นาที จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเขย่า ความเร็ว 210 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรองและ sodium sulfate ลงในกระบอกตวง บันทึกปริมาตร เทสารละลายใส่ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร สกัดซ้ำด้วย ethyl acetate 25 มิลลิลิตร เขย่าด้วย vortex mixer นาน 1 นาที แล้วเข้าเครื่องเขย่า ความเร็ว 210 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที กรองสารละลาย บันทึกปริมาตร และเทสารละลายลงในขวดก้นกลมรวมกับการสกัดครั้งแรก นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่

อุณหภูมิ 40°C จนเกือบแห้ง ชะสารด้วย ethyl acetate (PR) เก็บใน graduated tube ลดปริมาตรด้วยเครื่อง nitrogen evaporator แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 2 มิลลิลิตรด้วย hexane (PR) ใส่ในขวด vial นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-μECD

2.3.2 ตัวอย่างน้ำจากร่องน้ำในแปลงทดลอง น้ำล้างมือ และน้ำล้างเท้า (In-house method based on U.S. EPA, 1994) ทำการสกัดน้ำ โดยตวงตัวอย่างน้ำแต่ละชนิดแยกกัน ปริมาตร 800 มิลลิลิตรใส่ในกรวยแยกขนาด 1000 มิลลิลิตร เติม hexane (AR) 100 มิลลิลิตร (ยกเว้นการสกัด fipronil carboxamide จะใช้ ethyl acetate) นำไปเขย่าด้วยเครื่องseparatory funnel shaker นาน 3 นาที ทิ้งไว้ให้แยกชั้น ไขเก็บชั้นล่าง นำชั้นบนมาสกัดซ้ำ กรองผ่าน sodium sulfate เก็บไว้ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ทำการสกัดชั้นน้ำซ้ำด้วย hexane 50 มิลลิลิตร 2 ครั้ง เมื่อครบแล้วให้ชะกรวยแยกด้วย hexane 10 มิลลิลิตร อีก 2 ครั้ง เก็บสารสกัดรวมในขวดก้นกลม นำไปลดปริมาตรด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C จนเกือบแห้ง ชะสารด้วย hexane (PR) เก็บใน graduated tube ลดปริมาตรด้วย nitrogen evaporator แล้วปรับปริมาตร 1 มิลลิลิตรด้วย hexane (PR) ใส่ในขวด vial นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-μECD

2.3.3 ตัวอย่างดินและตะกอน (In-house method based on AOAC, 2016a) ชั่งตัวอย่างดินและตะกอนที่บดละเอียดน้ำหนัก 20 ± 0.05 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม ethyl acetate (AR) 75 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer นาน 1 นาที แล้วนำไปเขย่าต่อด้วยเครื่องเขย่า ความเร็ว 210 รอบต่อนาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 บรรจุ sodium sulfate ไว้ ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ชะขวดด้วย ethyl acetate 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง เก็บสารสกัดในขวดก้นกลมใบเดิม นำไปลดปริมาตรโดยใช้ rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C จนเกือบแห้ง ชะสารด้วย ethyl acetate (PR) เก็บใน graduated tube ลดปริมาตรด้วย nitrogen evaporator แล้วปรับปริมาตรด้วย hexane (PR) ให้ได้ 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวด vial นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-μECD

2.3.4 ตัวอย่างองุ่น ทำการเตรียมตัวอย่างโดยดัดแปลงจากวิธี EURL-FV 2011-M4 (EURL-FV, 2011) ชั่งตัวอย่างองุ่นที่ผ่านการปั่นละเอียด น้ำหนัก 10.0 ± 0.1 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม sodium hydrogen carbonate 3 กรัม anhydrous sodium sulfate 10 กรัม และ ethyl acetate (PR) 20 มิลลิลิตร ทำการเขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer นาน 1 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที นาน 3 นาที ดูดสารละลายส่วนใสใส่ในขวด vial นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-μECD

2.4 ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง fipronil ในตัวอย่างแผ่นผ้า น้ำล้างมือ น้ำล้างเท้า น้ำ ดิน ตะกอนดิน และองุ่น โดยใช้เครื่อง GC-μECD Mode: Pulsed Splitless คอลัมน์ DB-1701P (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm) อุณหภูมิ Injector 230˚C, Detector 300˚C Oven program: 180˚C (0 min) 280˚C (5.5 min) Carrier Gas: He 1.5 mL/min Injection volume: 1 μL Run time: 18 minutes

2.5 การประเมินความเสี่ยง

2.5.1 การประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัส (Exposure and Risk Assessment) ต่อเกษตรกรผู้ใช้ คำนวณจากค่าขอบเกณฑ์ความปลอดภัยจากการได้รับสารพิษ (Margin of Exposure, MOE) โดยใช้เกณฑ์การประเมินความเสี่ยง จาก Pesticide Risk Assessment (U.S. EPA, 2005) Equation 1:

$$MOE = NOAEL/Exposure \quad (1)$$

เมื่อ NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) คือ ค่าสูงสุดของปริมาณสารพิษที่ใช้ในการทดลองที่ไม่ทำให้เกิดผลอันไม่พึงประสงค์ทางพิษวิทยาของ fipronil และ Exposure คือปริมาณ fipronil ที่ดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย (mg/kg bw/day) การแปลผลจากค่า MOE ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่า Pesticide uncertainty factor หากค่า MOE มีค่าต่ำกว่าค่า Pesticide uncertainty factor จะถือว่ามีความเสี่ยง (Risk) และค่า MOE ≥ 100 ถือว่าอยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (Acceptable risk)

2.5.2 การศึกษาผลกระทบจากการแพร่กระจาย (Environmental Fate and Transport) โดยการคำนวณค่าครึ่งชีวิต (half-life, $t_{1/2}$) จากการคำนวณหาระยะเวลาที่สาร fipronil สลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (half-life, $t_{1/2}$) ในตัวอย่างดิน น้ำ และตะกอนดิน จากสมการ $t_{1/2} = -0.693/b$ โดย b ได้มาจากสมการ $y= ae^{bx}$ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร fipronil ตกค้าง และระยะเวลาหลังพ่นสาร fipronil (วัน)

2.5.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสทางผิวหนังเกษตรกรผู้พ่นสาร ดินและน้ำที่ปนเปื้อน (Exposure and Risk Assessment) และความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคจากการบริโภคองุ่น โดยใช้ดัชนีบ่งชี้ความอันตราย (Hazard Quotient, HQ) ค่า HQ คำนวณจากค่า ADI (Average Daily Intake; ปริมาณค่าเฉลี่ยที่เกษตรกรหรือผู้บริโภคได้รับสาร fipronil ต่อวัน) เทียบกับค่า RfD (Reference dose; ค่าอ้างอิง คือ ปริมาณสารพิษที่น้อยสุดที่ร่างกายรับได้โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายหรือเป็นพิษต่อร่างกาย) ตาม Equation 2:

$$ADI = (Csoil \times CF \times IRsoil \times EF \times ED)/(BW \times AT) \quad (2)$$

เมื่อ: ADI คือ ริมาณสารพิษเฉลี่ยต่อวันจากสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน องุ่น (มิลลิกรัม/กิโลกรัม), น้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร),

C คือ ความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน องุ่น (มิลลิกรัม/กิโลกรัม), น้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)

CF คือ unit conversion factor = 10^{-6} กิโลกรัม/มิลลิกรัมในดิน และ องุ่น

IR คือ อัตราการได้รับสารพิษที่ตกค้างในดิน 200 มิลลิกรัม/วัน สำหรับเด็ก, 100 มิลลิกรัม/วัน สำหรับผู้ใหญ่ ในน้ำ 0.745 ลิตร/วัน สำหรับเด็ก, 0.943 ลิตร/วัน สำหรับผู้ใหญ่ (U.S. EPA., 2008) ในองุ่น 865 มิลลิกรัม/วัน สำหรับเด็ก, 285 มิลลิกรัม/วัน สำหรับผู้ใหญ่ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.), 2559ก)

EF คือ ความถี่ของการสัมผัส (365 วัน/ปี)

ED คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (years) 6 ปี สำหรับเด็ก และ 30 ปี สำหรับผู้ใหญ่ (U.S. EPA, 1989)

BW คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (กิโลกรัม); สำหรับเด็กอายุ 6-12 ปี (33.38 กิโลกรัม), ผู้ใหญ่ (55.77 กิโลกรัม) (มกอช., 2559ก)

AT คือ ระยะเวลาที่ใช้เฉลี่ย (365 วัน) (EF × ED)

การคำนวณค่าความเสี่ยงจากสารพิษตกค้างได้จากค่า Hazard Quotient (HQ) ซึ่งคำนวณจากค่า ADI และค่า RfD ตาม Equation 3:

$$HQ = ADI/RfD \quad (3)$$

เมื่อ: RfD คือ reference dose เฉพาะของสาร fipronil เท่ากับ 0.0002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (European Food Safety Authority (EFSA), 2023)

เกณฑ์การตัดสิน กำหนดให้ HQ ≥1 หมายถึง สาร fipronil ตกค้างอยู่ในระดับเสี่ยงต่อเกษตรกร (Risk) HQ < 1 หมายถึง สาร fipronil ตกค้างอยู่ในระดับยอมรับได้ (Acceptable risk)

2.5.4 การประเมินความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Effects; Ecological risk assessment) โดยการหาค่าความเสี่ยงต่อนิเวศหรือค่าสัดส่วนความเสี่ยงหรือค่าความเป็นอันตราย (Risk quotient, RQ) (European Chemicals Bureau (ECB), 2003) เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คำนวณได้จาก Equation 4:

$$RQ = MEC/PNEC \quad (4)$$

เมื่อ MEC (measured environment concentration) คือ ความเข้มข้นของสารในสิ่งแวดล้อม

PNEC (predicted no effect concentration) คือ ความเข้มข้นสูงสุดของสารที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต คำนวณจากค่า LC_{50} หรือ EC_{50} หารด้วย assessment factor (AF) หากค่า RQ < 1 แสดงว่าไม่มีความเสี่ยง ถ้าค่า RQ 1–10 แสดงว่ามีความเสี่ยงเล็กน้อย ถ้าค่า RQ 10–100 แสดงว่ามีความเสี่ยง การลดความเสี่ยงจะต้องนำข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาร่วมด้วย และถ้าค่า RQ > 100 แสดงว่ามีความเสี่ยงสูงต้องดำเนินการลดความเสี่ยงทันที

ระยะเวลา	เริ่มต้น เดือน ตุลาคม 2566 สิ้นสุด เดือน กันยายน 2567
สถานที่ทำการทดลอง	1) แปลงทดลอง ในอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี 2) ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ปริมาณสารกำจัดแมลง fipronil ที่ตกค้างบนร่างกายผู้พ่นสาร และการประเมินความเสี่ยงต่อเกษตรกรผู้ใช้ในแปลงองุ่น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดแมลง fipronil ที่ตกค้างบนแผ่นผ้าที่ติดตามส่วนต่างๆ ของร่างกายผู้พ่นสาร น้ำล้างมือและ น้ำล้างเท้าของผู้พ่นสาร เฉลี่ยจากการพ่นทั้งหมด 4 ครั้ง พบการตกค้างตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในช่วง 0.05 ± 0.04–0.68 ± 0.48 ไมโครกรัม/100 ตารางเซนติเมตร ซึ่งบริเวณที่พบการตกค้างมากที่สุดคือบริเวณจมูก และน้อยที่สุดคือบริเวณหลังด้านใน อาจเนื่องมาจากการใช้เรือยนต์พ่นสารแบบ 16 หัวฉีด ที่มีลักษณะหัวพ่นอยู่ท้ายเรือและพ่นไปด้านบนต้นองุ่น ทำให้สารโดนตัวเกษตรกรน้อย มีละอองฟุ้งกระจายระหว่างพ่นทำให้มีพบการตกค้างที่บริเวณจมูกจากการสูดหายใจ (inhalation) ส่วนน้ำล้างมือ และน้ำล้างเท้า พบการตกค้างอยู่ที่ 7.75 และ 1.70 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณ fipronil ที่ตกค้างบนแผ่นผ้าจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย รวมทั้งที่มือและเท้า มาคำนวณเป็นปริมาณสารพิษต่อพื้นที่ทั้งหมดของร่างกาย (U.S.EPA, 2009) เพื่อประเมินปริมาณสารกำจัดแมลง fipronil ตกค้างบนร่างกายภายหลังการพ่น โดยคิดเป็นการปฏิบัติงานตามปกติในแต่ละวัน พบว่ามีปริมาณสารกำจัดแมลง fipronil ปนเปื้อน 0.00094 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Risk assessment of average fipronil contamination levels on pads attached to different body positions of users, handwashing water and footwashing water, following four spraying events

Body part	sureface area (cm^2)	amounts of fipronil contaminated on pad µg/100 cm^2	penetration factor*	amounts of fipronil contaminated on body* (µg)
head - hat	1300	0.22 ± 0.06	1.00	5.84
- nose		0.68 ± 0.48		
shoulder 2	2910	0.35 ±0 .35	0.28	2.86
breast – in	3550	0.06 ± 0.04	0.30	1.47
- out		0.14 ± 0.13		
elbow 2	1210	0.21 ± 0.10	0.28	0.71
back - in	3550	0.05 ± 0.04	0.27	1.33
- out		0.14 ± 0.09		
thigh 2	3820	0.33 ± 0.26	0.97	12.12
shin – in 2	2380	0.23 ± 0.19	0.52	2.60
- out 2		0.21 ± 0.36		
hand	820	9.45 ± 12.87	1.00	7.75
foot	1310	1.30 ± 0.43	1.00	1.70
total amount of fipronil contaminated on body during 6 minutes spraying				36.38
amount of fipronil contaminated on body during 6 minutes spraying per day				87.31
farmer body weight is 93 kg ; amount of fipronil contaminated on body per body weight per day				0.00094 mg/kg bw/day

Remark: in pad	Limit of Detection (LOD)	Limit of Quantification (LOQ)
fipronil, fipronil sulfide, fipronil sulfone และ fipronil desulfinyl	0.005 µg/100 cm^2	0.01 µg/100 cm^2
fipronil carboxamide	0.02 µg/100 cm^2	0.05 µg/100 cm^2

2. เมื่อนำข้อมูลปริมาณสาร fipronil ที่ปนเปื้อนบนแผ่นผ้า มาประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสาร fipronil เข้าสู่ร่างกายผู้พ่นสารในแปลงองุ่น ซึ่งใช้ผู้พ่นคนเดียวกัน เพศชาย อายุ 36 ปี น้ำหนักตัว 93 กิโลกรัม ด้วยการคำนวณค่าขอบเกณฑ์ความปลอดภัยจากการได้รับสารพิษ (MOE) จาก ค่า NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของปริมาณสารพิษที่ใช้ในการทดลองที่ไม่ทำให้เกิดผลอันไม่พึงประสงค์ทางพิษวิทยาของ หารด้วยค่า Exposure ซึ่งคือปริมาณ fipronil ที่ดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย (mg/kg bw/day) และแปลผลจากค่า MOE ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่า Pesticide uncertainty factor หากค่า MOE มีค่าต่ำกว่าค่า Pesticide uncertainty factor จะถือว่ามีความเสี่ยง (Risk) และค่า MOE ≥ 100 ถือว่าอยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (Acceptable risk) กำหนดค่า NOEAL ของสารกำจัดแมลง fipronil เท่ากับ 0.019 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน และ% dermal absorption ของสารกำจัดแมลง fipronil เท่ากับ 11% (EFSA, 2006) ได้ค่าขอบเกณฑ์ความปลอดภัย (MOE) จากการได้รับสาร fipronil ของการพ่น 4 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 183.75 และค่า MOE ที่ได้ มีค่ามากกว่า 100 ถือว่าเกษตรกรมีความเสี่ยงจากการใช้สาร fipronil ในแปลงองุ่นในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์กำหนดของ Pesticide Risk Assessment (U.S. EPA, 2005)

3. ปริมาณสารกำจัดแมลง fipronil และเมตาโบไลต์ ตกค้าง ในดิน น้ำ และตะกอนดิน หลังพ่นสาร

จากการตรวจวิเคราะห์ ตัวอย่างดินในแปลงปลูก จำนวน 7 ตัวอย่าง รวมทั้งน้ำ และตะกอนดินจากร่องน้ำในแปลงอย่างละ 3 ตัวอย่าง หลังพ่นสารกำจัดแมลง fipronil พบว่า ในตัวอย่างดิน ไม่พบการตกค้างของของ fipronil sulfide และ fipronil carboxamide แต่พบการตกค้างของ fipronil, fipronil sulfone, fipronil desulfinyl และ fipronil carboxamide ปริมาณ 0.02 ± 0.01–0.09 ± 0.05, 0.07 ± 0.02–0.14 ± 0.06, < 0.01–0.01 ± 0.005 และ < 0.05 มิลลิกรัม

ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สาร fipronil พบการตกค้างสูงสุดหลังพ่น 1 วัน ในขณะที่ fipronil sulfone พบการตกค้างสูงสุดหลังพ่น 68 วัน ปริมาณ fipronil ทั้งหมด (total fipronil) ซึ่งคำนวณจากผลรวมการตกค้างของ fipronil และเมตาโบไลต์ เท่ากับ 0.09–0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 2) แสดงให้เห็นว่า เมื่อ fipronil สลายตัวในดิน เมตาบอไลต์หลักที่เกิดขึ้น คือ fipronil sulfone ตรวจพบมากที่สุด (0.07 ± 0.03–0.14 ± 0.06 mg/kg) รองลงมา คือ fipronil desulfinyl แต่พบปริมาณที่น้อยมาก (0.01 ± 0.005–< 0.01 mg/kg) และตรวจไม่พบการตกค้าง (Not detectable,ND) ของ fipronil sulfide และ fipronil carboxamide แสดงให้เห็นว่า อาจไม่มีกระบวนการสร้างและสลายตัวไปเป็น fipronil sulfide และ fipronil carboxamide หรือมีแต่ปริมาณที่น้อยมาก และน้อยกว่าขีดความสามารถต่ำสุดของวิธีการตรวจวิเคราะห์ (Limit of Detection: LOD) fipronil sulfide มีค่า LOD = 0.005 mg/kg และ fipronil carboxamide มีค่า LOD = 0.02 mg/kg

ลักษณะการพ่นสารกำจัดแมลง fipronil ด้วยเรือยนต์พ่นในแปลงปลูกองุ่น เป็นการพ่นขึ้นสูงเพื่อให้ลงบริเวณใบและผลองุ่นที่อยู่บนค้างโดยตรง ซึ่งมากกว่าปริมาณที่สารจะลงสู่พื้นดินในแปลง นอกจากนี้บริเวณพื้นดินยังได้รับแสงแดดน้อยจากการถูกบดบังจากต้นองุ่นที่อยู่บนค้าง ดังนั้นจึงตรวจพบ fipronil desulfinyl ที่น้อยมาก เนื่องจากการสลายตัวของสาร fipronil บนผิวหน้าดินที่ได้รับแสงแดด จะทำให้เกิด fipronil desulfinyl และใต้ผิวดินที่ลึก เกิดปฏิกิริยา reduction จะทำให้เกิด fipronil sulfide จึงตรวจไม่พบการตกค้าง (ND) ของ fipronil sulfide สอดคล้องกับรายงานวิจัย ที่บริเวณใกล้ผิวหน้าดินพบสาร fipronil sulfone เนื่องจากปฏิกิริยา oxidation ในสภาวะที่มีออกซิเจน (aerobic conditions) สาร fipronil จะเกิดการเมตาบอไลต์เป็นสาร fipronil sulfone และความชื้นในดินมีผลต่อการสลายตัวของสาร fipronil ด้วยเช่นเดียวกัน ยิ่งความชื้นสูงยิ่งสลายตัวเร็ว ดินที่มีความชื้นมากกว่า 50% มีแนวโน้มที่จะสลายตัวให้ fipronil sulfide มากกว่า ในขณะที่ดินที่มีอากาศถ่ายเทได้ดีและมีความชื้นน้อยกว่า 50% จะพบ fipronil sulfone มากกว่า(Gunasekara et al., 2007)

Table 2 Fipronil and its metabolite residues detected in soil following application until harvest (68 days)

Day	fipronil and its metabolite residues in soil (mg/kg) *n* = 7					
	fipronil	fipronil sulfide	fipronil sulfone	fipronil desulfinyl	fipronil carboxamide	total fipronil
0	0.04 ± 0.03	ND	0.07 ± 0.03	<0.01	<0.05	0.11
1	0.09 ± 0.05	ND	0.10 ± 0.05	<0.01	ND	0.20
3	0.04 ± 0.01	ND	0.10 ± 0.04	<0.01	ND	0.13
5	0.07 ± 0.04	ND	0.09 ± 0.02	0.01 ± 0.005	ND	0.17
7	0.04 ± 0.01	ND	0.07 ± 0.02	<0.01	ND	0.11
10	0.04 ± 0.02	ND	0.09 ± 0.02	<0.01	ND	0.13
15	0.06 ± 0.02	ND	0.08 ± 0.03	<0.01	ND	0.14
30	0.02 ± 0.01	ND	0.08 ± 0.03	<0.01	ND	0.09
68	0.02 ± 0.01	ND	0.14 ± 0.06	<0.01	ND	0.16
LOD	0.005	0.005	0.005	0.005	0.02	
LOQ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	

ND = Not detectable

total fipronil = fipronil + fipronil sulfide + fipronil sulfone + fipronil desulfinyl + fipronil carboxamide

ตัวอย่างน้ำจากร่องน้ำในแปลง พบการตกค้างของสาร fipronil, fipronil sulfide, fipronil sulfone, fipronil desulfinyl และ fipronil carboxamide อยู่ในช่วง 0.02 ± 0.00–10.03 ± 1.59, 0.01 ± 0.02–0.12 ± 0.05, < 0.01–0.47 ± 0.68, 0.09 ±0.01–0.49 ± 0.07 และ < 0.5 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ total fipronil เท่ากับ 0.187–10.656 ไมโครกรัมต่อลิตร fipronil, fipronil sulfone และ fipronil desulfinyl ตรวจพบได้ตั้งแต่หลังพ่น จนถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (68 วัน)

ในขณะที่ fipronil sulfide และ fipronil carboxamide พบการตกค้างเป็นบางวัน (Table 3) อธิบาย ND ใน fipronil sulfide และfipronil carboxamide ตั้งแต่วันที่ 1 หลังการฉีดพ่นเป็นต้นไป ดังที่แสดงใน Table 3

เมื่อฟิโพรนิลสลายตัวในน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะที่มีแสง UV เมตาบอไลต์หลักที่ได้จากการสลายตัว คือ fipronil desulfinyl ซึ่งเป็นโมเลกุลที่หมู่ซัลเฟอร์ที่ถูกรีดิวซ์ไปบางส่วน กระบวนการนี้ขับเคลื่อนโดยการสลายตัวด้วยแสงเป็นหลัก และถือเป็นวิถีหลัก (path way)ในการสลายตัวของสารฟิโพรนิลในน้ำ ทำให้พบเมตาบอไลต์ตัวอื่น ๆ ในปริมาณน้อย หรือไม่พบ (Ngangbam et al., 2021)

fipronil มีความคงทนที่ pH ของสิ่งแวดล้อมทั่วไป (typical environmental pHs) น้ำที่อยู่ในสภาวะไร้อากาศ (anaerobic condition) fipronil จะสลายตัวให้ fipronil sulfide และ fipronil amide เป็นหลัก ที่ pH 9–12 fipronil จะสลายตัวอย่างรวดเร็วด้วยปฏิกิริยา hydrolysis ไปเป็น fipronil amide (Gunasekara et al., 2007) สำหรับค่า pH ของน้ำจากร่องน้ำในแปลง มีค่า pH 6.32–7.93 อุณหภูมิ 25.1–30.4°C การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บที่อยู่ใต้ระดับผิวหน้าประมาณ 6 นิ้วลงไป และระบบน้ำในแปลงมีการหมุนเวียนของน้ำระหว่างคลองข้างแปลง คลองท้ายแปลงและร่องน้ำในแปลง จึงอาจทำให้ไม่พบการตกค้าง ของ fipronil sulfide และ fipronil carboxamide เป็นบางวัน และการที่พบการตกค้างของสาร fipronil จากตัวอย่างน้ำในแปลงในปริมาณที่ค่อนข้างสูงหลังพ่น 0 วัน อาจเนื่องมาจากการพ่นสารใช้เรือในการพ่น และมีการดึงน้ำในแปลงเข้ามาในตัวเรือเพื่อผสมสาร ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารลงไปในน้ำ

ตัวอย่างตะกอน พบการตกค้างของสาร fipronil, fipronil sulfide, fipronil sulfone, fipronil desulfinyl และ fipronil carboxamide ในตัวอย่างตะกอนจากร่องน้ำในแปลง อยู่ในช่วง <0.01, <0.01–0.01 ± 0.00, <0.01–0.02 ± 0.00, <0.01 และ <0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 4)

เมื่อฟิโพรนิลสลายตัวในองุ่น เมตาบอไลต์หลักที่เกิดขึ้น คือ fipronil desulfinyl โดยโมเลกุลจะสูญเสียกลุ่มซัลฟินิลไปพร้อมกับเมตาบอไลต์อื่น ๆ ได้แก่ fipronil sulfone และ fipronil sulfide ขึ้นอยู่กับพืชและสภาพแวดล้อม กระบวนการสลายนี้เกิดขึ้นผ่านกระบวนการเมทาบอลิซึมของพืชเป็นหลัก และการได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น แสงแดด และกิจกรรมของจุลินทรีย์ภายในผลองุ่นเอง ซึ่งการไม่พบ fipronil เนื่องจากสลายตัวเป็นเมตาบอไลต์ 3 ชนิด ได้แก่ fipronil desulfinyl, fipronil sulfone และ fipronil sulfide (Mohapatra et al., 2010)

นำข้อมูลที่ได้จาก Table 2 และ 3 มาคำนวณหาค่าการสลายตัวของสาร fipronil และเมตาบอไลต์ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษตกค้างกับระยะเวลาหลังพ่นสาร fipronil ในช่วงเวลาต่างๆ ได้สมการการสลายตัวของสารในรูป Exponential ($y = ae^{bx}$) คำนวณระยะเวลาที่สารพิษสลายตัวจนลดลงมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (half-life; $t_{1/2}$) ด้วยสมการ $t_{1/2} = -0.693/b$ ได้ค่าครึ่งชีวิต (half- life; $t_{1/2}$) ของ fipronil, fipronil sulfone และ total fipronil ในดิน เท่ากับ 43.3, 138.6 และ 49.5 วัน ตามลำดับ ค่าครึ่งชีวิตของ fipronil, fipronil desulfinyl และ total fipronil ในน้ำจากร่องน้ำในแปลง เท่ากับ 7.6, 27.7 และ 12.6 วัน ตามลำดับ (Table 5) ค่าครึ่งชีวิตของ fipronil sulfone ในดิน fipronil และ fipronil desulfinyl ในน้ำใกล้เคียงกับรายงานของ Gunasekara and Troung (2007) ซึ่งรายงานว่า fipronil มีค่าครึ่งชีวิต(half-life,$t_{1/2}$) ในดินประมาณ 124 ถึง 139 วัน ในน้ำที่ pH 9 มีค่าครึ่งชีวิต 32 วัน และที่ pH 10 มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 5 วัน ในขณะที่ค่าครึ่งชีวิตของ fipronil และ total fipronil ในดิน น้อยกว่า

Table 3 Fipronil and its metabolite residues detected in water following application until harvest (68 days)

day	fipronil and its metabolite residues in water (µg/L)					
	fipronil	fipronil sulfide	fipronil sulfone	fipronil desulfinyl	fipronil carboxamide	total fipronil
water from plot (3 points)						
0	10.03 ± 1.59	ND	0.18 ± 0.31	0.3 ± 0.01	<0.5	10.66
1	9.46 ± 5.70	0.12 ± 0.05	0.14 ± 0.22	0.39 ± 0.08	ND	10.10
3	3.43 ± 1.11	ND	0.03 ± 0.03	0.42 ± 0.11	ND	3.88
5	2.25 ± 0.40	ND	0.47 ± 0.68	0.49 ± 0.07	ND	3.22
7	1.48 ± 0.31	0.01 ± 0.02	0.36 ± 0.48	0.39 ± 0.04	ND	2.25
10	0.63 ± 0.35	0.06 ± 0.02	< 0.01	0.27 ± 0.14	ND	0.96
15	0.44 ± 0.49	0.05 ± 0.07	0.20 ± 0.11	0.22 ± 0.12	ND	0.91
30	0.03 ± 0.01	ND	0.21 ± 0.05	0.13 ± 0.01	ND	0.37
68	0.02 ± 0.00	ND	0.08 ± 0.01	0.09 ± 0.01	ND	0.19
LOD	0.005	0.005	0.005	0.005	0.1	
LOQ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.5	

ND = Not detectable

total fipronil = fipronil + fipronil sulfide + fipronil sulfone + fipronil desulfinyl

Table 4 Fipronil and its metabolite residues detected in sediment following application until harvest (68 days)

day	fipronil and its metabolite residues in sediment (mg/kg)					
	fipronil	fipronil sulfide	fipronil sulfone	fipronil desulfinyl	fipronil carboxamide	total fipronil
sediment from plot (3 points)						
0	ND	<0.01	<0.01	<0.01	ND	<0.01
1	ND	<0.01	0.01 ± 0.002	<0.01	ND	0.01
3	ND	0.01 ± 0.002	<0.01	<0.01	ND	0.01
5	<0.01	<0.01	0.01 ± 0.001	<0.01	ND	0.01
7	ND	<0.01	0.01 ± 0.002	<0.01	ND	0.01
10	ND	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<0.05
15	ND	<0.01	0.01 ± 0.004	<0.01	ND	0.01
30	ND	0.01 ± 0.002	0.02 ± 0.002	<0.01	ND	0.03
68	ND	<0.01	0.01 ± 0.002	<0.01	ND	0.01
LOD	0.005	0.005	0.005	0.005	0.02	
LOQ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	

ND = Not detectable

total fipronil = fipronil + fipronil sulfide + fipronil sulfone + fipronil desulfinyl

Table 5 Half life ($t_{1/2}$) of fipronil and its metabolite detected in soil and water

Sample	Pesticides	Equation $y = ae^{bx}$	Half life ,$t_{1/2}$ (Day)
soil	fipronil (68 days)	$y = 0.053e^{-0.016x}$	43.3
	fipronil sulfone (30 days)	$y = 0.0886e^{-0.005x}$	138.6
	total fipronil (30 days)	$y = 0.1504e^{-0.014x}$	49.5
water	Fipronil (68 days)	$y = 3.4538e^{-0.091x}$	7.6
	fipronil desulfinyl (68 days)	$y = 0.3907e^{-0.025x}$	27.7
	total fipronil (68 days)	$y = 4.1678e^{-0.055x}$	12.6

Table 6 Fipronil residues on grapes from 0-14 days after treatment compared with Codex and EU MRLs

Day after application (PHI)	fipronil residues (mg/kg) (n = 4)	Codex MRL (mg/kg)	EU MRL (mg/kg)
0	0.211 ± 0.086		
1	0.175 ± 0.106		
3	0.106 ± 0.052	0.005	0.005
5	0.069 ± 0.012	(banana)	(grape)
7	0.052 ± 0.008		
14	0.054 ± 0.003		

Limit of Detection; LOD = 0.005 mg/kg ; Limit of Quantification; LOQ = 0.010 mg/kg

Residue definitions for estimation of dietary intake are sum of fipronil, fipronil-desulfinyl, fipronil-sulfone and fipronil-thioether for plant and animal commodities, expressed as fipronil. (JMPR, 2016)

4. ปริมาณสารพิษตกค้าง fipronil ในองุ่นหลังพ่นที่ระยะเวลาต่างๆ

สุ่มเก็บตัวอย่างองุ่นหลังจากการพ่นครั้งสุดท้ายที่ 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน รวม 7 ครั้ง สุ่มเก็บตัวอย่างองุ่นทั้งแปลงเพื่อนำไปสกัดหาสารพิษตกค้าง fipronil ในองุ่นด้วยเครื่อง GC-μECD จากผลการตรวจวิเคราะห์พบสารพิษตกค้างในองุ่นตั้งแต่ 0 วันหลังพ่นจนถึง 14 วัน ปริมาณ 0.21, 0.18, 0.11, 0.07, 0.05 และ 0.05 แสดงด้วยค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 6) พบการตกค้างสูงสุดหลังพ่นที่ 0 วัน และปริมาณสารพิษจะค่อย ๆ ลดลง แปรผันตามระยะเวลา และพบปริมาณต่ำสุดหลังการพ่น 14 วัน ซึ่งปริมาณ fipronil ที่ตรวจพบมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ค่าสูงสุดที่ยอมให้มีการปนเปื้อนของ fipronil ในองุ่นบริโภคสดของประเทศสหภาพยุโรป (EU, 2024) และ Codex (Codex, 2013) (กำหนดให้ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อย่างไรก็ตาม สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติยังไม่ได้กำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของ fipronil ในองุ่น (มกอช., 2559ข)

5. การประเมินความเสี่ยงของสาร fipronil ในดิน น้ำ และองุ่น ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

เมื่อนำผลการตรวจวิเคราะห์สาร fipronil ตกค้างในดิน น้ำและองุ่นมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพผู้บริโภคและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยอ้างอิงจากค่า HQ ที่ได้จากการคำนวณตาม Equation 3 พบว่า ในองุ่นค่า HQ สำหรับผู้บริโภคช่วงอายุ 6–12 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.62×10^{-3} และผู้ใหญ่อายุ 70 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.54×10^{-3} พบว่าความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (HQ < 1) ดังนั้น สรุปได้ว่าความเสี่ยงของการใช้สาร fipronil ในองุ่นต่อผู้บริโภคเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ในดิน ค่า HQ สำหรับเด็กอายุ 6–12 ปี และผู้ใหญ่อายุ 70 ปี มีค่า <1 ในขณะที่ ในน้ำจากแปลง ค่า HQ

สำหรับเด็กอายุ 6–12 ปี มีค่า >1 แสดงว่าความเสี่ยงของสาร fipronil ที่ตกค้างในดิน อยู่ในระดับยอมรับได้ (acceptable risk) แต่สำหรับน้ำจากในแปลงมีความเสี่ยงต่อเด็ก อายุ 6–12 ปี (Table 7)

Table 7 Health risk assessment of fipronil detected in soil, water and grapes samples.

Samples	Concentration		Hazard quotient (HQ)		Risk Levels	
	Min	Max	Child	Adult	Child	Adult
soil	0.094 mg/kg	0.197 mg/kg	5.91×10^{-3}	1.77×10^{-3}	[1)]acceptable risk	[1)]acceptable risk
water (plot)	0.187 µg/L	10.656 µg/L	1.19	9.01×10^{-1}	[1)]risk	[1)]acceptable risk
table grapes	0.05 mg/kg	0.21 mg/kg	2.62×10^{-3}	0.54×10^{-3}	[1)]acceptable risk	[1)]acceptable risk

1) HQ >1 mean Risk, HQ <1 mean acceptable risk

2) HQ value in soil and water used highest concentration of total fipronil to calculate

3) HQ value in grape used highest concentration of total fipronil (expressed as fipronil) to calculate

จากประเมินความเสี่ยงของสาร fipronil ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยอ้างอิงจากค่า RQ พบว่า สาร fipronil ที่ตกค้างในดินไม่มีความเสี่ยงต่อ ไส้เดือน (*Eisenia fetida*) (RQ < 1) แต่มีความเสี่ยงสูงต่อ Collembola (*Folsomia candida*) (RQ > 100) จากรายงานของ Mukherjee et al. (2021) พบว่าการใช้สาร fipronil ในนาข้าว มีความเสี่ยงต่อไส้เดือนต่ำ (RQ < 1) แต่มีความเสี่ยงต่อสาหร่ายและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (macro organism) สูง (RQ > 1) สาร fipronil ที่ตกค้างในน้ำมีความเสี่ยงต่อ สาหร่าย (*Scenedesmus subspicatus*), ไรแดงเทศ *(Daphnia magna)* และ ปลาเรนโบว์เทราต์ *(Oncorhynchus mykiss)* (RQ >1) fipronil มีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์น้ำหลายชนิด ที่ระดับความเข้มข้น ppb (mg/L) มีผลกระทบต่อ Daphnia (*Daphnia pulex*) และ Bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*) (Gunasekara et.al, 2007) ค่า NOEC ของ fipronil ใน ปลาเรนโบว์เทราต์ *(Oncorhynchus mykiss)* และไรแดงเทศ *(Daphnia magna)* เท่ากับ 0.015 และ 0.068 mg/L ตามลำดับ ในขณะที่ค่า EC_{50} ของสาหร่าย (*Scenedesmus subspicatus*) เท่ากับ 0.068 mg/L (Lewis, et al, 2016)

สรุป

การประเมินความเสี่ยงของสารกำจัดแมลง fipronil 5% W/V SC อัตราการใช้ 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ในแปลงองุ่น จังหวัดราชบุรี พ่นสารด้วยเรือพ่น ใช้เวลาพ่นนาน 6 นาที ภายหลังการพ่น พบการปนเปื้อนสาร fipronil บนร่างกายผู้พ่น 0.00094 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน เมื่อนำข้อมูลมาประเมินความเสี่ยงต่อการสัมผัสพบว่าได้ค่าขอบเกณฑ์ความปลอดภัย (MOE) มากกว่า 100 ถือว่าเกษตรกรมีความเสี่ยงจากการใช้สาร fipronil ในแปลงองุ่นในระดับที่ยอมรับได้ การตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ตะกอนดิน และองุ่น พบว่า ในดิน ไม่พบการตกค้างของของ fipronil sulfide แต่พบการตกค้างของ fipronil, fipronil sulfone, fipronil desulfinyl และ fipronil carboxamide อยู่ในช่วง <0.01–0.14 ± 0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำจากแปลง พบการตกค้างของ fipronil และเมตาบอไลต์ อยู่ในช่วง 0.01 ± 0.02–10.03 ± 1.59 ไมโครกรัมต่อลิตร ในตัวอย่างตะกอนจากร่องน้ำในแปลง พบการตกค้างของ fipronil, fipronil sulfide, fipronil sulfone, fipronil desulfinyl และ fipronil carboxamide เท่ากับ <0.01, <0.01–0.01 ± 0.00, <0.01–0.02 ± 0.00, <0.01 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับองุ่น พบการตกค้างของ fipronil เฉลี่ย 0.211 ± 0.09–0.052 ± 0.008 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าครึ่งชีวิต (half- life; $t_{1/2}$) ของ fipronil, fipronil sulfone และ total fipronil ในดิน มีค่าเท่ากับ 43.3, 138.6 และ 49.5 วัน ตามลำดับ ค่าครึ่งชีวิตของ fipronil, fipronil desulfinyl และ total fipronil ในน้ำจากร่องน้ำในแปลง เท่ากับ 7.6, 27.7 และ 12.6 วัน ตามลำดับ ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพด้วยค่า HQ ในดินและองุ่น อยู่ในระดับยอมรับได้ (HQ < 1)

แต่น้ำจากในแปลงมีความเสี่ยงต่อเด็ก อายุ 6–12 ปี (HQ > 1) ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยค่า RQ พบว่า สาร fipronil ที่ตกค้างในดินและน้ำมีความเสี่ยงต่อสิ่งมีชีวิตในดินและน้ำสูง (RQ > 1) สรุปได้ว่าการใช้สาร fipronil ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพเกษตรกรผู้ใช้ ผู้รับสัมผัสดิน และผู้บริโภคองุ่น แต่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพของเด็กอายุ 6–12 ปีที่รับสัมผัสน้ำ และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินและน้ำ ดังนั้นการใช้สารป้องกันกำจัดแมลง fipronil เกษตรกรผู้พ่นสารควรสวมใส่อุปกรณ์และชุดป้องกันในขณะพ่นสาร ระมัดระวังการผสมสารและการระบายน้ำลงสู่ลำคลอง เพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินและน้ำในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

จิระนิล แจ่มเกิด. 2564. ทำไมต้องปลูกองุ่น ภายใต้หลังคาพลาสติก. องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). https://hkm.hrdi.or.th/Knowledge/detail/433,28 ตุลาคม 2567.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559ก. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559ข. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 9002-2559 “สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศรีจำนรรจ์ ศรีจันทรา, พฤทธิชาติ ปุณวัฒโฑ. 2566. เอกสารวิชาการ. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืชอย่างปลอดภัย.จากงานวิจัย ปี 2566. กลุ่มบริหารศัตรูพืช/กลุ่มสัตววิทยา. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร.

องุ่น. 2558. องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). https://hkm.hrdi.or.th/Knowledge/detail/87, 28 ตุลาคม 2567.

Association of Official Analytical Chemists. 2016a. Organophosphorus Pesticide. General Multiresidue Method. Association of Official Analytical Chemists Method 970.52.

Association of Official Analytical Chemists. 2016b. Guidelines for Standard Method Performance Requirements: Official Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemists. https://www.aoac.org/wpcontent/uploads/2019/08/app_f.pdf, 28 October 2024.

Back, C.A. 1965. Method of soil analysis: part I physical and mineralogical properties. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Codex Alimentarius. 2013. Pesticides Database Search. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticide-detail/ru/?p_id=202, 7 November 2024.

European Food Safety Authority. 2006. Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fipronil. EFSA Scientific Report (2006) 65, 1–110. doi.org/10.2903/j.efsa.2006.65r

European Food Safety Authority. 2023. Setting of import tolerances for fipronil in potatoes, sugar canes and commodities of animal origin. EFSA Journal, 21(4):7931. doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7931

EU. 2024. EU Pesticide database, 2024. https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/mrls, 7 November 2024.

EURL-FV. 2011. Analysis of pesticide residues in fruit and vegetables with ethyl acetate extraction using gas and liquid chromatography with tandem mass spectrometric detection 0.1. https://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlFV/methods/EURL-FV%20(2011-M4).pdf, 1 September 024.

European Chemicals Bureau. 2003. Technical Guidance Document on Risk Assessment. Commission Directive 93/ 67/ EEC on Risk Assessment for notified substances.

Gunasekara, A.S., Troung, T. 2007. Environmental Monitoring Branch Department of Pesticide Regulation 1001 I Street California Environmental Protection Agency Sacramento, CA 95812, USA. Environmental Fate of Fipronil. Revised March 5, 2007.

Gunasekara, A.S., Truong, T., Goh, K.S., Spurlock, F., Tjeerdema, R.S. 2007. Environmental fate and toxicology of fipronil. J. of Pestic Sci. 32: 189–199. doi.10.1584/jpestics.R07-02

JMPR. 2016. Pesticide residues in food 2016. https://www.who.int/groups/joint-fao-who-meeting-on-pesticide-residues-(jmpr)/publications, 7 November 2024.

Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D., Green, A. 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 22. Available at: http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/316.htm. Accessed: December 1, 2024

Mohapatra, S., Deepa, M., Jagdish, G.K. Rashm,i N., Kumar, S., Prakash, G.S. 2010. Fate of Fipronil and its Metabolites in/on Grape Leaves, Berries and Soil Under Semi Arid Tropical Climatic Conditions. Bull Environ Contam Toxicol. 84: 587–591. doi.org/10.1007/s00128-010-9965-4

Mukherjee, A., Mondal, R., Biswas, S., Saha, S., Ghosh, S., Kole, R.K. 2021. Dissipation behaviour and risk assessment of fipronil and its metabolites in paddy ecosystem using GC-ECD and confirmation by GC-MS/MS. Heliyon 7 e06889. doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06889

Ngangbam, S.S., Ranju, S. Sandeep, K.S., Dileep, K.S. 2021. A comprehensive review of environmental fate and degradation of fipronil and its toxic metabolites. Environmental Research. 199: 2021,111316

Organisation for Economic Co-operation and development. 1997. Method for measuring dermal exposure. Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application.

SANTE/11312. 2021. Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues and analysis in food and feed. https://www.accredia.it/app/uploads/2021/02/SANTE_11312_2021.pdf, 28 October 2024.

Turner, C. Ed. 2018. The Pesticide Manual. British Crop Protection Council. 18th Ed.

U.S. Environmental protection Agency. 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I, Human Health Evaluation Manual (Part A). Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/1-89/002. December.

U.S. Environmental protection Agency. 1994. Organophosphorus compound by Gas Chromatography capillary column technique. In-house method. 2005. EPA method 8141A, Revision 1.

U.S. Environmental protection Agency. 2005. Characterizing Risk and Hazard. Human Health Risk Assessment Protocol, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.

U.S. Environmental protection Agency. 2008. Child-Specific Exposure Factors Handbook. EPA/600/R-06/096F. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. 687 pp

U.S. Environmental protection Agency. 2009. Occupational and Residential Exposure Test Guidelines: OPPTS 875.2400 Dermal Exposure. https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQOPPT-2009-0157-0012, 30 March 2022.

World Health Organisation. 2011. The WHO Recommended Classifcation of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification. Wissenchaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, Germany.78 pp.

ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน

Efficacy of fungicides in inhibiting fungal pathogens causing fruit rot in durian

บุญญวดี จิระวุฒิ*, **รัตตา สุทธยาคม, วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง, ณัฐกานต์ สาตราภัย**

Boonyawadee Chirawut*, Ratta Suttayakom, Weeraporn Dejnumbunchachai, Kanyalak Sanosomneng, Nutthakan Sattrapai

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

โรคผลเน่าของทุเรียนเป็นปัญหาสำคัญระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย สาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อรา 4 ชนิด ได้แก่ *Lasiodiplodia* sp., *Phytophthora palmivora*, *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp. เชื้อราจะติดมากับผลและแสดงอาการโรคผลเน่าเมื่อผลทุเรียนสุก งานวิจัยนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน พบว่า เบโนมิล 10 และ 15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. palmivora* ได้สมบูรณ์ และยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ได้มากที่สุด คือ 92.33-92.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโพรคลอราซ (5 10 และ 15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และ ยับยั้งเชื้อรา *Phomopsis* sp. ได้ 93.22–93.55 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อะซอกซีสโตรบินยับยั้งเชื้อรา *P. palmivora, Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp. ได้น้อยที่สุด คือ 16.97-18.72, 34.11-36.78 และ 7.19-8.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ได้

คำสำคัญ: ทุเรียน, โรคผลเน่า, สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา

Abstract

Durian fruit rot is a major problem during transportation prior to market distribution. The disease is caused by four fungal pathogens: *Lasiodiplodia* sp., *Phytophthora palmivora, Phomopsis* sp. and *Colletotrichum* sp.. These fungi contaminate the fruit and exhibit symptoms of fruit rot when the durian ripens. To address this issue, packing houses commonly use chemical treatments to control fruit rot symptoms. This study aimed to evaluate the efficacy of chemical compounds in inhibiting the fungal pathogens causing durian fruit rot. The results revealed that benomyl at 10 and 15 g/20 l of water completely inhibited the mycelial growth of *P. palmivora* and significantly inhibited *Lasiodiplodia* sp. by 92.33-92.89%. Prochloraz at concentrations of 5, 10 and 15 ml/20 l of water completely inhibited the mycelial growth of *Colletotrichum* sp. (100%) and achieved the highest inhibition of *Phomopsis* sp. (93.22-93.55%). In contrast, azoxystrobin showed the lowest inhibition rates against *P. palmivora* (16.97-18.72%). *Phomopsis* sp. (34.11-36.78%) and *Colletotrichum* sp. (7.19-8.79%), but it did not inhibit *Lasiodiplodia* sp..

Keywords: Durian, Fruit rot disease, Fungicide

คำนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* Murr.) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและผู้ส่งออกทุเรียนรายใหญ่ของโลก ซึ่งตลาดหลักสำคัญของไทย คือ สาธารณรัฐประชาชนจีน โดยส่งออกในรูปทุเรียนสดมากกว่าร้อยละ 90 ของการส่งออกทั้งหมด การส่งออกทุเรียนไปตลาดต่างประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การขนส่งรวมถึงการวางจำหน่ายที่ตลาดปลายทางใช้ระยะเวลานาน ทำให้พบปัญหาโรคผลเน่าของทุเรียนซึ่งมีสาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อรา ได้แก่ *Lasiodiplodia theobromae, Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum gloeosporioides* (สมศิริ และคณะ, 2539; รัติยา, 2566) นอกจากนี้ยังพบโรคผลเน่าเกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora* ลักษณะอาการของโรคมีความคล้ายคลึงกัน จึงทำให้เกิดการเข้าใจผิด โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. palmivora* จะพบในช่วงผลอายุก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 1 เดือน จนกระทั่งเก็บเกี่ยว และระหว่างการบ่มให้สุก เดิมทีก่อนปี พ.ศ. 2539 เกษตรกรมีความเชื่อว่าโรคผลเน่าเกิดจากเชื้อรา *P. palmivora* เพียงชนิดเดียว

การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้ควบคุมโรคผลเน่าของทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากสามารถปฏิบัติได้สะดวกให้ผลที่รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง สารเคมีที่ใช้ชุบผลทุเรียนเป็นสารป้องกันกำจัดเชื้อราประเภทดูดซึม ซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน เบโนมิลเป็นสารที่มีผลต่อโครงสร้างของเซลล์ ยับยั้งการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA) ในขบวนการแบ่งเซลล์แบบ mitosis และ meiosis มีผลทำให้พันธุกรรมเปลี่ยน มีความเสี่ยงต่อความต้านทานสูง โพรคลอราซ และไดฟีโนโคนาโซล เป็นสารที่มีกลไกออกฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์สเตอรอลบริเวณผนังเซลล์ของเชื้อรา มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการสร้างเส้นใยของเชื้อรา มีความเสี่ยงต่อความต้านทานปานกลาง อะซอกซีสโตรบิน และไพราโคลสโตรบิน เป็นสารที่มีกลไกออกฤทธิ์รบกวนกระบวนการหายใจ มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการสร้างเส้นใย การสร้างสปอร์ และการงอกของสปอร์เชื้อรา มีความเสี่ยงต่อความต้านทานสูง (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2565; FRAC., 2024) ดังนั้นควรเลือกใช้สารเคมีให้เหมาะสมต่อชนิดของเชื้อราสาเหตุโรค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว เป็นแนวทางในการควบคุมโรคผลเน่าของทุเรียน ลดการเน่าเสียระหว่างการขนส่งรวมถึงการวางจำหน่ายที่ตลาดปลายทาง ทำให้ผลทุเรียนมีคุณภาพดี ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน

นำผลทุเรียนที่แสดงอาการของโรคผลเน่า มาแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่า โดยการตัดเนื้อเยื่อของเปลือกบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อเยื่อปกติและเนื้อเยื่อที่แสดงอาการของโรค ขนาด 5 × 5 ตารางมิลลิเมตร นำชิ้นเนื้อเยื่อแช่ในสารละลาย sodium hypochlorite ความเข้มข้น 0.6% นาน 5 นาที ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วนำมาวางในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร PDA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน นำมาแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ เก็บเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ไว้สำหรับใช้ในการทดลองต่อไป

ทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน

ทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา 5 ชนิด คือ อะซอกซีสโตรบิน 25% SC. เบโนมิล 50 WP. โพรคลอราซ 45% EC. ไดฟีโนโคนาโซล 25% EC และ ไพราโคลสโตรบิน 25% EC ด้วยวิธี poisoned food technique เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ผสมกับสารให้ได้ความเข้มข้นของสาร 16 กรรมวิธี แล้วเทอาหารที่

ผสมสารลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เจาะเส้นใยรอบโคโลนีของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียนแล้วนำชิ้นวุ้นที่ได้ มาวางตรงกลางผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) เปรียบเทียบ 16 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ

กรรมวิธี 1	กรรมวิธีควบคุม (PDA)		กรรมวิธี 9	โพรคลอราซ	10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 2	อะซอกซีสโตรบิน	5 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 10	โพรคลอราซ	15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 3	อะซอกซีสโตรบิน	10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 11	ไดฟีโนโคนาโซล	5 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 4	อะซอกซีสโตรบิน	15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 12	ไดฟีโนโคนาโซล	10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 5	เบโนมิล	5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 13	ไดฟีโนโคนาโซล	15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 6	เบโนมิล	10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 14	ไพราโคลสโตรบิน	5 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 7	เบโนมิล	15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 15	ไพราโคลสโตรบิน	10 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร
กรรมวิธี 8	โพรคลอราซ	5 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 16	ไพราโคลสโตรบิน	15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 1	กรรมวิธีควบคุม (PDA)		กรรมวิธี 9	โพรคลอราซ	10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 2	อะซอกซีสโตรบิน	5 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 10	โพรคลอราซ	15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 3	อะซอกซีสโตรบิน	10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 11	ไดฟีโนโคนาโซล	5 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 4	อะซอกซีสโตรบิน	15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 12	ไดฟีโนโคนาโซล	10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 5	เบโนมิล	5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 13	ไดฟีโนโคนาโซล	15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 6	เบโนมิล	10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 14	ไพราโคลสโตรบิน	5 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธี 7	เบโนมิล	15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 15	ไพราโคลสโตรบิน	10 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร
กรรมวิธี 8	โพรคลอราซ	5 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	กรรมวิธี 16	ไพราโคลสโตรบิน	15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร

บันทึกผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรานำค่าที่ได้มาคำนวณ Inhibition of mycelial growth (%) ตาม Equation 1:

$$\text{Inhibition of mycelial growth (\%)} = [(A - B) / A] \times 100 \quad (1)$$

A = diameter length of the fungal colony in control

B = diameter length of the fungal colony in treatment 2–16

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โดยวิธี Ducan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน

แยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่า ได้เชื้อรา 4 ชนิด คือ *Lasiodiplodia* sp., *Phytophthora palmivora, Phomopsis* sp., *Colletotrichum* sp. ตรงกับ (สมศิริ และคณะ, 2539; สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ, 2555)

Lasiodiplodia sp. สร้าง fruiting body แบบ pycnidia ภายในประกอบด้วยเส้นใย paraphyses ใสไม่มีสี รูปร่างทรงกระบอก และ conidia ระยะแรกมีสีใส เซลล์เดียว รูปไข่ถึงยาวรี เมื่อโคนิเดียแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม มี septate เกิดขึ้นแบ่งเป็นสองเซลล์ ผนังสปอร์ค่อนข้างหนา ขนาดโคนิเดีย 22.57–26.55 × 12.39 × 13.27 ไมโครเมตร (Fig. 1A)

P. palmivora สร้างเส้นใยไม่มีผนังกั้น การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศสร้าง sporangium มีปุ่มนูน (papilla) ที่ปลาย เมื่อสปอร์แก่จะหลุดออกจากก้านชูสปอร์จะมีก้านสั้น ๆ (pedicel) ติดอยู่ ภายใน sporangium สร้าง zoospore เชื้อราสร้าง chlamydospore รูปร่างค่อนข้างกลม บริเวณปลายเส้นใย (Fig. 1B)

Phomopsis sp. สร้าง fruiting body แบบ pycnidia ลักษณะกลม ผนังหนา สีน้ำตาลดำ อาจเกิดหลาย ๆ pycnidia รวมกัน หรือเกิดเดี่ยว ๆ ก็ได้ มีปากเปิด เชื้อราสร้าง conidia 2 แบบ คือ alpha conidia มีเซลล์เดียว สีใส รูปไข่จนถึงกระสวย และ beta conidia มีสีใส เซลล์เดียว รูปร่างเรียวยาว ส่วนปลายโค้งงอเล็กน้อย (Fig. 1C)

Colletotrichum sp. เชื้อราสร้าง fruiting body แบบ acervulus ลักษณะเป็นรูปถ้วย conidiophores เป็นก้านตรงเซลล์เดียว ใสไม่มีสี เกิดอยู่ใน acervulus ที่ปลาย conidiophores สร้างสปอร์ (conidia) เซลล์เดียว ใสไม่มีสี รูปไข่ ถึงทรงกระบอก หัวท้ายมน ขนาดโคนิเดีย 13.27–16.37 × 3.98–5.31 ไมโครเมตร ไม่พบ setae (Fig. 1D)

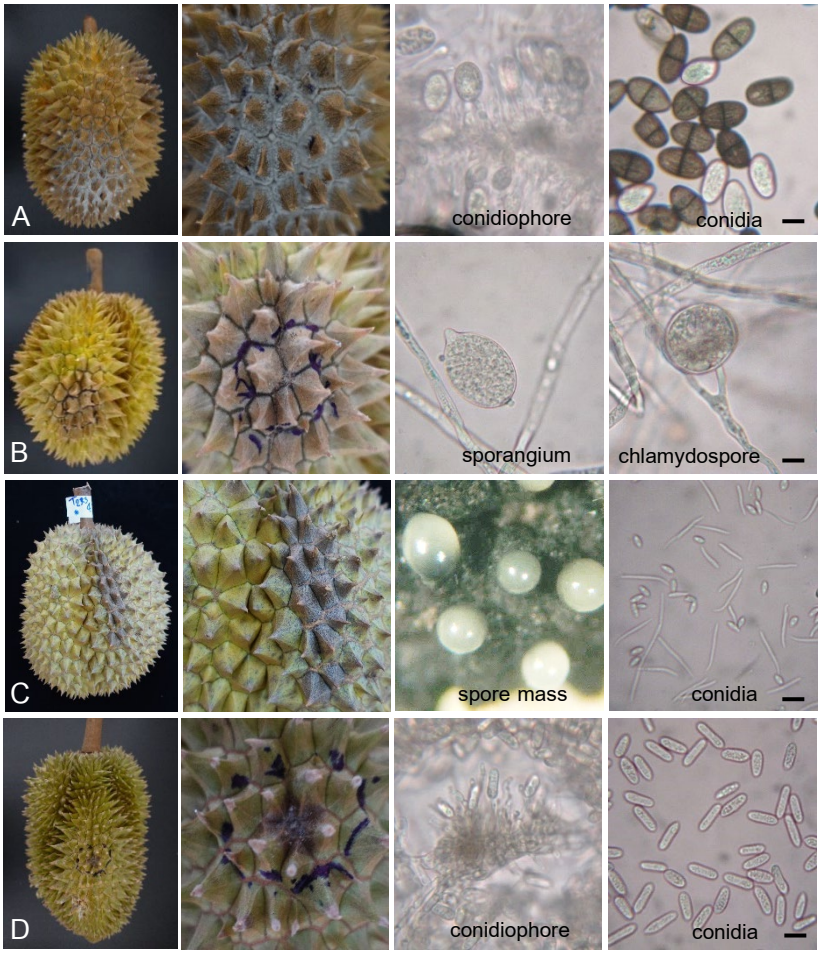


Fig. 1 Symptom on durian and morphological structures in fungi, scale bars: 10 μm

(A) *Lasiodiplodia* sp. (C) *Phomopsis* sp.

(B) *Phythophthora* palmivora (D) *Colletotrichum* sp.

ทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน

ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา 5 ชนิด คือ อะซอกซีสโตรบิน เบโนมิล โพรคลอราซ ไดฟีโนโครนาโซล และไพราโคลสโตรบิน อัตราการใช้ 3 ระดับ คือ 5 10 และ 15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร (เบโนมิล หน่วยอัตราการใช้ เปลี่ยนจาก มิลลิลิตร เป็น กรัม) เปรียบเทียบกับ PDA (กรรมวิธีควบคุม) ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค

ผลเน่าของทุเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) พบว่า เบโนมิล 10 และ 15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. palmivora* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพสูงต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใย *Lasiodiplodia* sp.และ *Phomopsis* sp.สามารถยับยั้งได้ 92.33–92.89 และ 91.22–92.66 เปอร์เซ็นต์ แต่มีประสิทธิภาพปานกลางต่อการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp.สามารถยับยั้งได้ 59.68–68.58 เปอร์เซ็นต์ สารป้องกันกำจัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพรองลงมา คือ โพรคลอราซ ไพราโคลสโตรบิน และ ไดฟีโนโคนาโซล ซึ่งการยับยั้งเชื้อราของแต่ละสารมีความแตกต่างกัน โพรคลอราซ 5 10 และ 15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร อัตราการใช้สารทั้ง 3 ระดับ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราแต่ละชนิดได้ใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. และ *P. palmivora* ได้ 73.00–79.33 และ78.68–79.58 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพสูงต่อการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และ *Phomopsis* sp. สามารถยับยั้งได้ 93.33–93.55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไพราโครสโตรบิน และไดฟีโนโคนาโซล สารป้องกันกำจัดเชื้อรา 2 ชนิดนี้ มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการใช้สารเพิ่มขึ้น และจากการทดสอบสารป้องกันกำจัดเชื้อรา 5 ชนิด อะซอกซีสโตรบินเป็นสารป้องกันกำจัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพต่ำต่อการยับยั้งเชื้อราทั้ง 3 ชนิด คือ *Colletotrichum* sp., *P. palmivora* และ *Phomopsis* sp. และไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp.ได้ (Table 1 and Fig. 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของกรรณิการ์ และคณะ (2562) ทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราบางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ด้วยวิธี Microtiter plate method พบว่าไพราโครสโตรบิน (125 ppm) และ ไดฟีโนโคนาโซล (125 ppm) ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 77.4% และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสูงขึ้น ไพราโครสโตรบิน (250 ppm) และ ไดฟีโนโคนาโซล (250 ppm) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับการศึกษาของเนตรนภิส และคณะ (2555) พบว่า โพรคลอราซ ที่ความเข้มข้น 350 850 1350 1850 2350 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *L. theobromae* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการทดลองพบว่าเบโนมิลมีประสิทธิภาพปานกลางในการยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides* ซึ่งใกล้เคียงกับ Sander et al. (2000) พบว่า *C. gloeosporioides* เกิดความต้านทานต่อเบโนมิลได้ ความต้านทานของเชื้อราหรือการดื้อที่มีต่อสารป้องกันเชื้อราสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งก็คือการใช้สารกลุ่มเดียวกัน หรือประเภทเดียวกันเป็นระยะเวลานาน โดยเฉพาะสารดูดซึม อีกทั้งไม่ควรใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชเกินความจำเป็น (สำนักวิจัยพัฒนาอารักขาพืช, 2562)

Table 1 Efficacy of fungicides at various concentrations to inhibit mycelial growth of fungi on potato dextrose agar (PDA) after 7 days of incubation

treatment	concentration	mycelial growth inhibition[1] (%)			
		Lasiodiplodia sp.	*P. palmivora*	*Phomopsis* sp.	*Colletotrichum* sp.
azoxystrobin 5 ml/20l	62.0 mg/l	0.00^{g}	17.35^{e}	36.78^{d}	7.19^{f}
azoxystrobin 10 ml/20l	125.0 mg/l	0.00^{g}	18.72^{e}	34.11^{d}	7.79^{f}
azoxystrobin 15 ml/20l	337.5 mg/l	0.00^{g}	16.97^{e}	34.11^{d}	8.79^{f}
benomyl 5 g/20l	125.0 mg/l	92.33^{a}	79.19^{b}	87.78^{c}	59.68^{e}
benomyl 10 g/20l	250.0 mg/l	92.33^{a}	100.00^{a}	91.22^{ab}	65.97^{d}
benomyl 15 g/20l	375.0 mg/l	92.89^{a}	100.00^{a}	92.66^{ab}	68.58^{d}
prochloraz 5 ml/20l	112.5 mg/l	73.00^{de}	78.68^{b}	93.55^{a}	100.00^{a}
prochloraz 10 ml/20l	225.0 mg/l	75.78^{cde}	79.26^{b}	93.22^{ab}	100.00^{a}
prochloraz 15 ml/20l	337.5 mg/l	79.33^{bcd}	79.58^{b}	93.33^{ab}	100.00^{a}
difenoconazole 5 ml/20l	62.0 mg/l	63.11^{f}	31.51^{d}	87.61^{c}	85.75^{c}
difenoconazole 10 ml/20l	125.0 mg/l	70.33^{e}	52.38^{c}	90.34^{bc}	89.79^{b}
difenoconazole 15 ml/20l	187.0 mg/l	78.45^{bcd}	82.00^{b}	91.83^{ab}	100.00^{a}
pyraclostrobin 5 ml/20l	62.0 mg/l	60.00^{f}	19.50^{e}	87.69^{c}	86.30^{c}
pyraclostrobin 10 ml/20l	125.0 mg/l	79.89^{bc}	74.33^{b}	91.36^{ab}	91.93^{b}
pyraclostrobin 15 ml/20l	187.0 mg/l	83.89^{b}	80.91^{b}	92.38^{ab}	100.00^{a}
F-test		**	**	**	**
CV (%)		7.52	14.21	2.71	3.61

[1] Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 95% by DMRT

** = significant at $p<0.01$

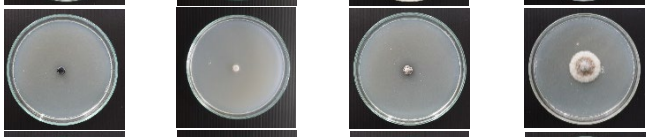
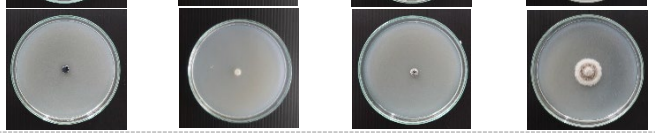
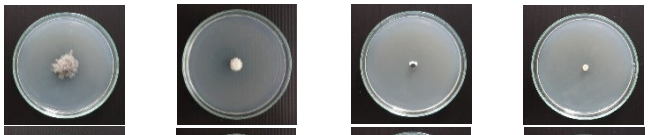
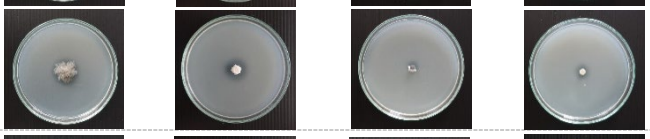
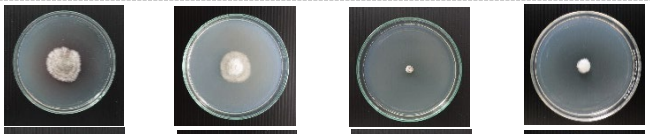
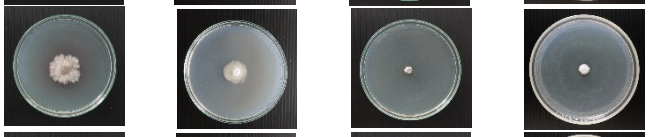
treatment	concentration	mycelial growth inhibition (%)			
		Lasiodiplodis sp.	*P. palmivora*	*Phomopsis* sp	*Colletotrichum* sp.
control (PDA)					
azoxystrobin 5 ml/20l	62.0 mg/l				
azoxystrobin 10 ml/20l	125.0 mg/l				
azoxystrobin 15 ml/20l					
benomyl 5 ml/20l	125.0 mg/l				
benomyl 10 ml/20l	250.0 mg/l				
benomyl 15 ml/20l					
prochloraz 5 ml/20l	112.5 mg/l				
prochloraz 10 ml/20l	225.0 mg/l				
prochloraz 15 ml/20l					
difenoconazole 5 ml/20l	62.0 mg/l				
difenoconazole 10 ml/20l	125.0 mg/l				
difenoconazole15 ml/20l					

Fig. 2 Mycelial growth of durian pathogens on PDA medium containing different concentrations of fungicides and incubated for 7 days

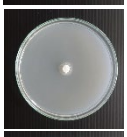
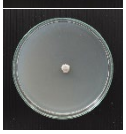
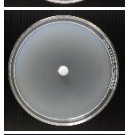
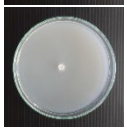
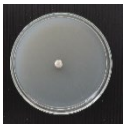
treatment	concentration	mycelial growth inhibition (%)			
		Lasiodiplodis sp.	*P. palmivora*	*Phomopsis* sp	*Colletotrichum* sp.
control (PDA)					
pyraclostrobin 5 ml/20l	62.0 mg/l				
pyraclostrobin 10 ml/20l	125.0 mg/l				
pyraclostrobin 15 ml/20l					

Fig. 2 Mycelial growth of durian pathogens on PDA medium containing different concentrations of fungicides and incubated for 7 days (Continued)

สรุป

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน พบว่า เบโนมิล 10 และ 15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพสูงต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. palmivora* และ *L. theobromae* โพรคลอราซ 5 10 และ 15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพสูงต่อการยับยั้งเชื้อรา *Phomopsis* sp. ส่วนไพราโคลสโตรบิน และ ไดฟีโนโคนาโซล สาร 2 ชนิดนี้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทั้ง 4 ชนิดเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการใช้สารมากขึ้น และพบว่าอะซอกซีสโตรบินมีประสิทธิภาพต่ำต่อการยับยั้งเชื้อรา 3 ชนิด คือ *P. palmivora, Phomopsis* sp. และ *C. gloeosporioides* และไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *L. theobromae* ได้

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ นามสว่าง, วีระณีย์ ทองศรี, และสมศิริ แสงโชติ. 2562. ประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราบางชนิดต่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลของทุเรียนที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides.* ว. วิทย์.กษ.50(3) (พิเศษ): 151–154.

เนตรนภิส เขียวขำ, สมศิริ แสงโชติ, ศจี รักษาเจริญ. 2555. การใช้สารเคมีควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* และ *Pestalotiopsis* sp. สาเหตุโรคที่กลีบเลี้ยงและก้านขั้วผลมังคุด. ว.วิทย์.กษ.43(3) (พิเศษ): 473–476.

รัติยา พงศ์พิสุทธา. 2566. เชื้อราอุบัติใหม่ในไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ. เพชรเกษมการพิมพ์. นครปฐม. 285 หน้า.

สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน). 2555. บัญชีรายการทรัพย์สินชีวภาพ รา. สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ, กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช. 2562. เอกสารวิชาการ โรคทุเรียน. สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช. 2565. คำแนะนำการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สมศิริ แสงโชติ, รัติยา พงศ์พิสุทธา, รณภพ บรรเจิดเชิดชู. 2539. โรคที่เกิดกับทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34. วันที่ 30 ม.ค.–1 ก.พ. 2539. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. น. 148–152.

FRAC. 2024. FRAC Code List© 2024. Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels). https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2024.pdf, 1 December 2024.

Sander, G.M., Korsten, L., Wehner, F.C. 2000. Survey of fungicide sensitivity in *Colletotrichum gloeosporioides* from different avocado and mango production areas in south Africa. Eur.J.Plant Pathol. 106: 745–752.

Development of DNA markers for differentiating *Pterocarpus macrocarpus* and *Pterocarpus indicus* using partial chloroplast genome sequences

Prin Phunngam*, Kittiya Singthong, Keereeluk Sirikarin, Mayuree Puttasan, Panida Roongrattanakul
Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: prin.phunngam@gmail.com

Abstract

Precise identification of unknown or ambiguous species is a necessary process for further individual and population identification in forensic timber identification. In Thailand, *Pterocarpus macrocarpus* is a rosewood timber species, which is increasingly threatened by illegal logging. However, wood identification of *P. macrocarpus* and *P. indicus*, which are distributed in Thailand, remains difficult due to insufficient expertise in wood anatomy. Although DNA barcoding has been widely used for species identification, it remains time-consuming in case of DNA fingerprinting approach. Therefore, this research has developed a PCR-based method to differentiate specimens of *P. macrocarpus* and *P. indicus* for easier and faster identification without DNA sequencing. The available complete chloroplast genomes of *Pterocarpus* species were used to identify distinct DNA polymorphisms. The 49 bp InDel region is suitable for differentiation between *P. macrocarpus* and *P. indicus* by using agarose gel. InDel-flanking primers were designed to amplify this region, resulting in a 400 bp fragment in *P. indicus* and a 450 bp fragment in *P. macrocarpus*. This method has shown consistency with morphological identification and the universal partial *matK* gene of chloroplast DNA (cpDNA). This research is still in the preliminary stages and requires more samples for validation.

Keywords: Chloroplast DNA, *Pterocarpus indicus*, *Pterocarpus macrocarpus*, Species identification

Introduction

Pterocarpus macrocarpus is a significant timber species in Southeast Asia, naturally occurring from Myanmar, Thailand, Laos, Cambodia and Vietnam (Rojo, 1977). The species typically grow in mixed deciduous, dry dipterocarp, and hill evergreen forests at altitudes between 100 and 600 meters (Santisuk and Niyomdham, 1983; Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO, 2009). *P. macrocarpus* is a commercially valuable species which plays a crucial role in regional reforestation efforts (Doungyotha and Owens, 2002). Illegal logging of *P. macrocarpus* is one of the significant environmental issues in Southeast Asia. It contributes to the rapid loss of primary forests, which are crucial for biodiversity and ecosystem (Rosander, 2008). This deforestation causes habitat destruction, endangering many species and disturbing ecological balance (Felbab-Brown, 2013). In line with this, cases of illegal logging and trading of *P. macrocarpus* in Thailand are continuously increasing. (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, personal communication, 2024). Additionally, *P. indicus* is also widely distributed in Thailand (Barstow, 2018). These species might cause identification challenges in terms of wood anatomy for those who lack sufficient expertise in distinguishing their characteristics. Forensic timber identification based on DNA markers can be applied for species identification, individual identification, and population identification determining geographical origin (Ng et al., 2016). Thus, accurate identification of unknown or ambiguous species is an essential procedure.

In this study, the DNA-based technique was employed for the species identification of *Pterocarpus* species, *P. macrocarpus* and *P. indicus* distributed throughout Thailand. The multiplex allele-specific polymerase chain reaction (MAS-PCR) based on chloroplast DNA (cpDNA) was developed for the rapid identification of unknown species and cut timber of these *Pterocarpus* species. This is an important step for further individual identification.

Materials and Methods

Sample collection and DNA extraction

Leaf or sapwood samples of *P. macrocarpus* were collected from five sampling sites: Chaloem Phrakiat Thai Prachan National Park (PTJ), Salawin National Park (PSW), Taksin Maharat National Park (PTS), Ban Chom Bueng Botanical Garden (PJB), and Khao Hin Son Botanical Garden (KHS). Samples of *P. indicus* were collected from five different sites: Kaeng Krachan National Park (PKJ), Ban Chom Bueng Botanical Garden (PJB), Khao Hin Son Botanical Garden (KHS), Sap Chomphu Arboretum (PSC), and the Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (PNK). All samples were stored in plastic bags filled with desiccants. Total genomic DNA was isolated using a modified DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN, Germany), and the DNA quality of each sample was checked using a spectrophotometer and 1% agarose gel electrophoresis.

The retrieval of complete chloroplast genome of genus Pterocarpus, Primer designs

The available complete chloroplast genomes of 14 sequences from 9 species within the genus *Pterocarpus* were retrieved from the NCBI database (*P. angolensis* [MZ274114.1], *P. erinaceus* [MZ274115.1],

P. indicus [MH033831.1, NC_049082.1], *P. macrocarpus* [NC_049083.1, MN823699.1], *P. marsupium* [NC_049080.1], *P. pedatus* [NC_049081.1], *P. santalinus* [MH033830.1, MN251250.1, NC_049084.1], *P. soyauxii* [MZ274116.1] , and *P. tinctorius* [MH033829.1, MZ274117.1]). Subsequently, the sequences were aligned using MAFFT (v7.511) (Katoh et al., 2019) with the FFT-NS-2 strategy. For genome structure analysis and arrangement comparison, Mauve version snapshot_2015-02-25 (Darling et al., 2004) was utilized. The distinguished SNPs and InDels among different species (especially *P. indicus* and *P. macrocarpus*) were identified and analyzed from the aligned sequences. The multiplex allele-specific polymerase chain reaction (MAS-PCR) to rapidly identify *P. indicus* and *P. macrocarpus* was performed. The polymorphic sites and InDel polymorphisms were analyzed using DnaSP version 6 (Rozas et al., 2017). PCR primers designed to cover the target regions with fixed interspecific differences and/or InDel variations were generated and selected using Primer3web version 4.1.0 (https://primer3.ut.ee/).

DNA primer screening, testing and validating

The selected primers were tested to determine the appropriate pairing of each forward and reverse primer and optimal annealing temperature. Additionally, the universal plastid DNA region, specifically the partial *matK* gene (CBOL Plant Working Group, 2009), was used to recheck and confirm the species. PCR were carried out in a volume of 25 µl, consisting of 1 µl of genomic DNA (approximate 50 ng), 2.5 µl of 10X PCR buffer, 0.5 µl of 10 mM dNTPs, 0.75 µl of 50 mM MgCl2, 0.25 µl of 10 pmol forward and reverse primers, 0.2 µl of DNA polymerase (5 U/µl) and 19.55 µl of sterilized distilled water. PCR conditions were as follows: the initial denaturation step at 94°C for 1.30 min, 40 cycles of 5sec denaturation at 94°C, 30sec annealing at temperature gradients from 50°C to 62°C, and 20 sec primer extension at 72°C, and 7 min of final extension at 70°C. The products of PCR amplification were examined on 2% agarose gel electrophoresis. The single band of the expected PCR product size with suitable annealing temperatures was chosen. The enzyme-cleaned PCR products with selected primers were directly sequenced using BigDye Terminator v3.1 (Thermo Fisher, Foster City, CA, United States) and carried out with both forward and reverse strands on an ABI 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA). Base calling of chromatograms and DNA sequencing alignments among the *Pterocarpus* species were performed using Unipro UGENE version 51.0 (Okonechnikov et al., 2012) and BioEdit version 7.0.5.3 (Hall, 1999). The sequence data were then manually edited and observed by the researcher.

Results and Discussion

DNA polymorphisms analysis and species differentiation

The arrangement of chloroplast genome structures for fourteen cp-genomes is shown in Fig. 1. A total of 2,116 polymorphic sites and 41,077 InDel polymorphisms were observed. Among these variations, two InDel regions (49 bp and 26 bp) were identified as polymorphic in *P. indicus* and *P. macrocarpus*. Due to the smaller size of the 26 bp InDel, which might be difficult to distinguish by agarose gel electrophoresis, only the larger 49 bp InDel (Fig. 2) was used to design the species-specific InDel markers. The PCR primers for the target

InDel-flanking regions are presented in Table 1. The findings showed that in this InDel region, only *P. indicus* had a large 49 bp deletion. In contrast, the other samples, including *P. angolensis*, *P. erinaceus*, *P. marsupium*, *P. pedatus*, *P. santalinus*, *P. soyauxii*, and *P. tinctorius*, had an insertion similar to *P. macrocarpus*. This variation might be used as an effective molecular marker for distinguishing *P. indicus* from other species of *Pterocarpus*. Moreover, the use of PCR primers targeting the InDel-flanking regions helps develop species-specific markers, which are both rapid and crucial for large-scale screening and population studies.

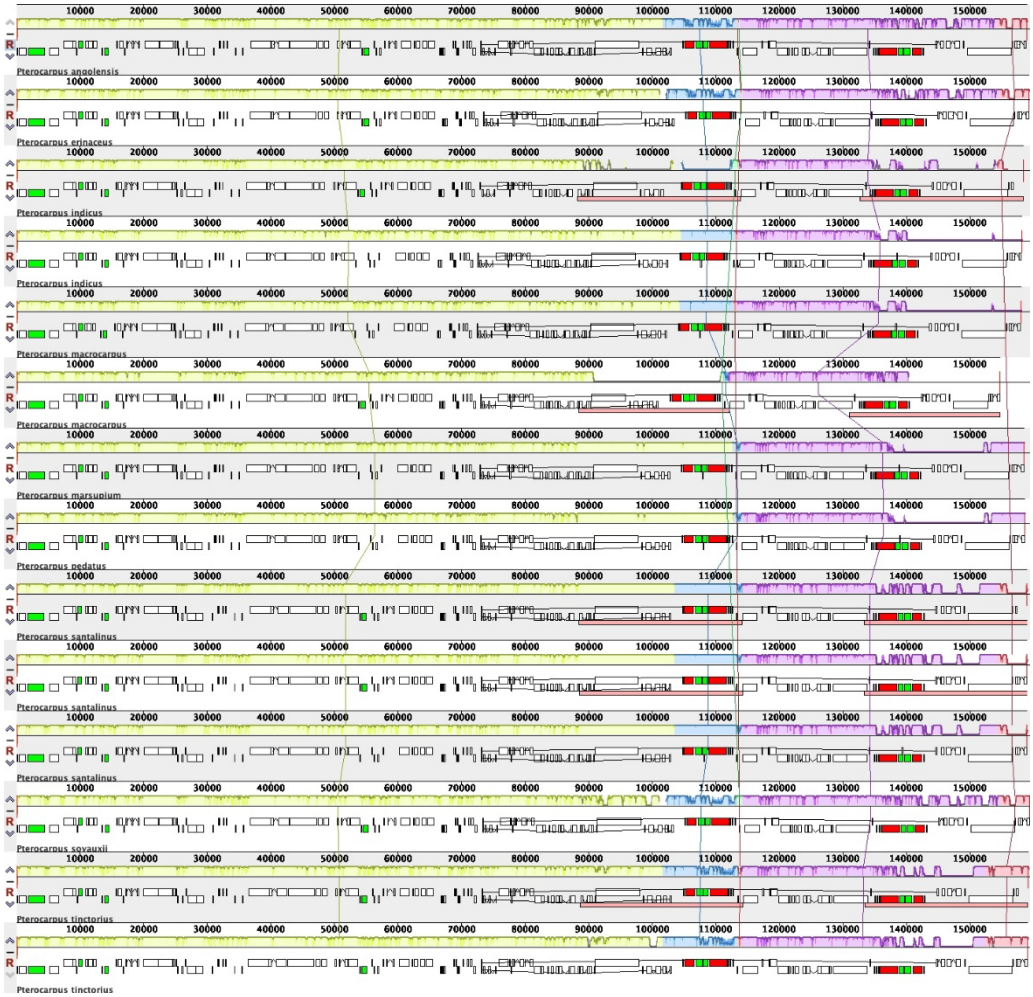


Fig. 1 The chloroplast structural alignment of fourteen cp-genomes was conducted using Mauve. The alignment displays Locally Collinear Blocks (LCBs) as colored blocks, with lines connecting these blocks to indicate homology. Each cp-genome's CDS, gene, rRNA, misc_RNA, and tRNA are represented by boxes below the alignment.

```
                ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....|
          IFP2   5          15         25         35         45         55         65
MZ274114.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGATTTT TTTTTTTCTG GTATCCAATC GAATTGAAAT ATGTAATATC
MZ274115.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA-TTT TTTTTTTCTG GTATCCAATC GAATTGAAAT ATGTAATATC
MH033831.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA--TT TTTTTTTCTG GTATCCAATC GAATTTAAAT ATGTAATATC
NC049082.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA--TT TTTTTTTCTG GTATCCAATC GAATTTAAAT ATGTAATATC
NC049083.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA--TT TTTTTTTCTG GTATCCAATC GAATTTAAAT ATGTAATATC
MN823699.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA--TT TTTTTTTCTG GTATCCAATC GAATTTAAAT ATGTAATATC
NC049080.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA--TT TTTTTTTCTG GTATCCAATC GAATTTAAAT ATGTAATATC
NC049081.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA--TT TTTTTTTCTG GTATCCAATC GAATTTAAAT ATGTAATATC
```

```
MH033830.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA-TTT TTTTTTTCTG GTATCTAATC GAATTGAAAT ATGTAATATC
MN251250.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA-TTT TTTTTTTCTG GTATCTAATC GAATTGAAAT ATGTAATATC
NC049084.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA-TTT TTTTTTTCTG GTATCTAATC GAATTGAAAT ATGTAATATC
MZ274116.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA--TT TTTTTTTCTG GTATCCAATC GAATTGAAAT ATGTAATATC
MH033829.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA--AT TTTTTTTATG GTATCCAATC GAATTGAAAT ATGTAATATC
MZ274117.1    ATCGAGCAGA GCAAATCCCG AGTTGA--AT TTTTTTTATG GTATCCAATC GAATTGAAAT ATGTAATATC

                ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....|
                   75         85         95        105        115        125        135
MZ274114.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC ATTTTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAATTC
MZ274115.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC ATTTTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAATTA
MH033831.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
NC049082.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
NC049083.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
MN823699.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
NC049080.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
NC049081.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
MH033830.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
MN251250.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
NC049084.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
MZ274116.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA -ATGGAATCC A--TTTTTTT GTTTTGATAT TCTTAAAAAA ACCAGAAGTC
MH033829.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA TATGGAATCC ATTTTTTTTT GTTTTGATAT TCTTTAAAAA ACCAGAAGTC
MZ274117.1    ATAACATAAT AATGTTAGAA TATGGAATCC ATTTTTTTTT GTTTTGATAT TCTTTAAAAA ACCAGAAGTC

                ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....|
                  145        155        165        175        185        195        205
MZ274114.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
MZ274115.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
MH033831.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
NC049082.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
NC049083.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
MN823699.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
NC049080.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
NC049081.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
MH033830.1    TAGGTGGATT TTTTTAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
MN251250.1    TAGGTGGATT TTTTTAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
NC049084.1    TAGGTGGATT TTTTTAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
MZ274116.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
MH033829.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA
MZ274117.1    TAGGTGGATT TTTTGAATTC CTTTCCATTT AGAATTTAGA TTCTATCTGT TTGTTTTGTT GCAAATTCCA

                ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....|
                  215        225        235        245        255        265        275
MZ274114.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- -TTTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
MZ274115.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- ------TTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
MH033831.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- --TTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
NC049082.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- --TTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
NC049083.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- -TTTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
MN823699.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- --TTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
NC049080.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTC-- -TTTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
NC049081.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- --TTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
MH033830.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTATT TTTTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
MN251250.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTATT TTTTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
NC049084.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTATT TTTTTTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
MZ274116.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- -----TTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
MH033829.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- ----TTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA
MZ274117.1    ATTTGAGTAT AAAATTCGAT TCATTTTA-- ----TTTTTT TTTTCCTCTT TTCATAACAG GTATTTCATA

                ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....|
                  285        295        305        315        325        335        345
MZ274114.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACATA AATTCCATTA TTGTTAAATC
MZ274115.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACATA AATTCCATTA TTGTTAAATC
MH033831.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AAT------- ---------- ---------- ---------- ----------
NC049082.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AAT------- ---------- ---------- ---------- ----------
NC049083.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTT TTGTTAAATC
MN823699.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTT TTGTTAAATC
NC049080.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTT TTGTTAAATC
NC049081.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTT TTGTTAAATC
MH033830.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTT TTGTTAAATC
MN251250.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTT TTGTTAAATC
NC049084.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTT TTGTTAAATC
MZ274116.1    TACGGAGTTA GTT-AAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTA TTGTTAAATC
MH033829.1    TACGGAGTTT GTTAAAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTA TTGTTAAATC
MZ274117.1    TACGGAGTTT GTTAAAAAAA AATTTCATGT GATTCAGTAA AAAGAACAGA AATTCCATTA TTGTTAAATC

                ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....| ....|....|
                  355        365        375        385        395        405        415
```

```
MZ274114.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCGTG GGATATTTTC TATAAAATAG AAAGGGGAAA
MZ274115.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCGTG GGATATTTTC TATAAAATAG AAAGGGGAAA
MH033831.1   --TTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC CATAAAATAG AAAGGGGAAA
NC049082.1   --TTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC CATAAAATAG AAAGGGGAAA
NC049083.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC CATAAAATAG AAAGGGGAAA
MN823699.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC CATAAAATAG AAAGGGGAAA
NC049080.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC CATAAAATAG AAAGGGGAAA
NC049081.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC CATAAAATAG AAAGGGGAAA
MH033830.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC TATAAAATAG AAAGGGGAAA
MN251250.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC TATAAAATAG AAAGGGGAAA
NC049084.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC TATAAAATAG AAAGGGGAAA
MZ274116.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC TATAAAATAG AAAGGGGAAA
MH033829.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC TATAAAATAG AAAGGGGAAA
MZ274117.1   TATTCATGTG ATTCGATGAA GAATGAGACA GCAAATCATG GGATATTTTC TATAAAATAG AAAGGGGAAA

             ....|....| ....|....| ....|....| ....|....
               425        435        445        455     IRP1
MZ274114.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
MZ274115.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
MH033831.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
NC049082.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
NC049083.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
MN823699.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
NC049080.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
NC049081.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
MH033830.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
MN251250.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
NC049084.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
MZ274116.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
MH033829.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
MZ274117.1   TTGAAAATAA AATGATTGGG GGTGAAAATG CGGGAATGT
```

Fig. 2 The 49 bp InDel polymorphism between *P. indicus* and *P. macrocarpus*, used for species-specific marker design (InDel with highlight) (forward primer: IFP2, reverse primer: IRP1)

Table 1 PCR primers for the 49 bp InDel region between *P. indicus* and *P. macrocarpus*

Primer	length	T_m	%GC	any_th	3'_th	hairpin	sequence (5' to 3')
IFP1	20	59.67	50	0	0	0	AGC AGA GCA AAT CCC GAG TT
IFP2	20	60.53	55	0	0	0	ATC GAG CAG AGC AAA TCC CG
IRP1	20	59.11	50	0	0	0	ACA TTC CCG CAT TTT CAC CC
IRP2	21	58.51	52.38	0	0	0	GGG TAT TGT AGA CAT TCC CGC
IRP3	20	59.37	50	0	0	0	AAG CCC CGA TCA ATG AAC CT

*IFP: forward primer; IRP: reverse primer; length: the number of nucleotide bases (bp); T_m: melting temperature (°C); %GC: the percentage of guanine (G) and cytosine (C) bases; any_th: any thermodynamic stability; 3'_th: 3' thermodynamic stability; hairpin: a secondary structure, forming a loop

Primer design efficiency, specificity and validation

The expected PCR products of each primer pairing were observed as follows: *P. indicus* (NC_049082.1): IFP1-IRP1 (396 bp), IFP1-IRP2 (407 bp), IFP1-IRP3 (460 bp), IFP2-IRP1 (400 bp), IFP2-IRP2 (411 bp), and IFP2-IRP3 (464 bp); *P. macrocarpus* (NC_049083.1): IFP1-IRP1 (446 bp), IFP1-IRP2 (457 bp), IFP1-IRP3 (510 bp), IFP2-IRP1 (450 bp), IFP2-IRP2 (461 bp), and IFP2-IRP3 (514 bp). The efficiency and specificity of the designed PCR primers showed that the forward primer IFP2 and reverse primer IRP1, with an annealing temperature of 62°C, were the optimal conditions for PCR amplification in *P. indicus* (400 bp) and *P. macrocarpus* (450 bp)

(Fig. 3). Moreover, the results of the nucleotide BLAST with NC_049083.1 indicated that the 49 bp InDel was located in the non-coding spacer of *trnC-GCA* and *rpoB*, with the forward primer IFP2 and the reverse primer IRP1 positioned in the sequence between bases 35,531-35,550 and 35,961-35,980, respectively.

The InDel markers were tested on 99 samples from each sampling site identified by morphological traits, including 83 samples identified as *P. macrocarpus* and 16 samples identified as *P. indicus*. The results showed consistent and concordant findings between morphological identification and PCR assays. Additionally, the universal plastid DNA region, specifically the partial *matK* gene, was used as a control to verify the accuracy of species identification. DNA barcoding is the primary method currently used for species identification (Degen and Fladung, 2007). The DNA barcoding results also supported previous research findings. Tests showed that these InDel primers produced clear and distinct bands, proving their high efficacy. This is important for accurately identifying and differentiating species between *P. indicus* and *P. macrocarpus*. However, the more samples used in testing, the more accurate the validation results will be.

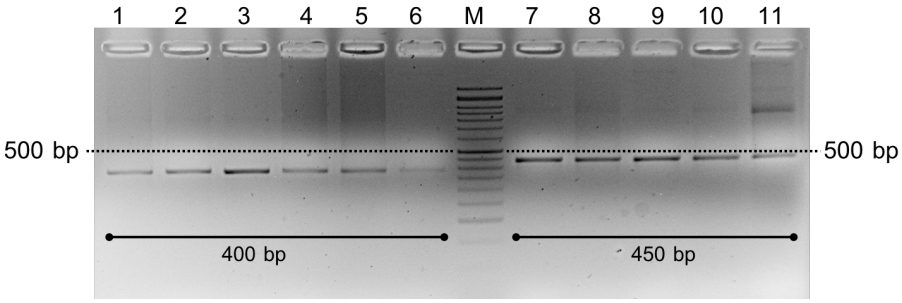


Fig. 3 Amplification of *cp*DNA region using InDel primers for identification of samples of the *P. indicus* (1–6) and *P. macrocarpus* (7–11); (M) 50-bp marker

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

This study is part of the research titled "Development of DNA markers for individual identification in illegal logging: a case study in *Pterocarpus macrocarpus*", funded by Thailand Science Research and Innovation (TSRI) (Project Number: 4696428).

References

Barstow, M. 2018. *Pterocarpus indicus*, The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T33241A2835450. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T33241A2835450.en,16 December 2024.

CBOL Plant Working Group. 2009. A DNA barcode for land plants. Proc. Natl. Acad. Sci. 106:12794–12797. doi: 10.1073/pnas.0905845106.

Darling, A.C., Mau, B., Blattner, F.R., Perna, N.T. 2004. Mauve: Multiple alignment of conserved genomic

sequence with rearrangements. Genome Res. 14: 1394–1403.

Degen, B., Fladung, M. 2007. Use of DNA-markers for tracing illegal logging. In: Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”. pp. 8–9.

Doungyotha, Y., Owens, J.N. 2002. The Reproductive Biology and Reproductive Success of *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. Biotropica. 34: 58–67.

Felbab-Brown, V. 2013. The jagged edge: Illegal logging in Southeast Asia. In: An atlas of trafficking in Southeast Asia. pp. 113–36.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009. Thailand forestry outlook study. In: Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study II

Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. In: Nucleic acids symposium series 41: pp. 95–98.

Katoh, K., Rozewicki, J., Yamada, K.D. 2019. MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. Brief. Bioinform. 20: 1160–1166. doi:10.1093/bib/bbx108

Ng, K.K.S., Lee, S.L., Tnah, L.H., Nurul-Farhanah, Z., Ng, C.H., Lee, C.T., Khoo, E. 2016. Forensic timber identification: a case study of a CITES listed species, *Gonystylus bancanus* (Thymelaeaceae). Forensic Sci. Int. Genet. 23: 197–209.

Okonechnikov, K., Golosova, O., Fursov, M., Ugene, T. 2012. Unipro UGENE: a unified bioinformatics toolkit. Bioinformatics 28: 1166–1167.

Rojo, J.P. 1977. Pantropic speciation of *Pterocarpus* (Leguminosae-Papilionaceae) and the Malesia-Pacific species. Pterocarpus. 3: 19–32.

Rosander, M.N. 2008. Illegal logging: Current issues and opportunities for Sida/SENSA engagement in Southeast Asia. In: Regional Community Forestry Training Center for Asia and the Pacific.

Rozas, J., Ferrer-Mata, A., Sánchez-DelBarrio, J.C., Guirao-Rico, S., Librado, P., Ramos-Onsins, S.E., Sánchez-Gracia, A. 2017. DnaSP 6: DNA Sequence Polymorphism Analysis of Large Datasets. Mol. Biol. Evol. 34: 3299–3302. doi: 10.1093/molbev/msx248

Santisuk, T., Niyomdham, C. 1983. Leguminosae. In: Phengklai, C. (Ed.). Thai economic trees, Part 3, ACTF Press, Bangkok, Thailand, pp. 199–201

ผลของจำนวนและขนาดของพืชอาศัยที่มีต่อการวางไข่ของแมลงวันพริก

Effect of quantity and size of host plant on *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) oviposition

วรรณวิสา ทองฉิม*, **วิกันดา รัตนพันธ์**

Wanvisa Thongchim*, Wigunda Rattanapun

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะนวัตกรรมการเกษตร ประมง และอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84000

Agricultural Science and Technology, Faculty of Innovative Agriculture, Fisheries and Food,

Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Surat Thani 84000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: wanvisanam25@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาพฤติกรรมการวางไข่ของแมลงวันพริก *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) ในพืชอาศัย 2 สายพันธุ์ คือ พริกหยวก banana pepper *Capsicum annum* และพริกเดือยไก่ *C. annum* cv. Duey Kai โดยเปรียบเทียบในสภาพ 1 ผลต่อ 1 กรง และ 10 ผลต่อ 1 กรง พบว่า แมลงวันพริก *B. latifrons* วางไข่ในพริกหยวกที่มีผลขนาดใหญ่ด้วยจำนวนไข่มากกว่าพริกเดือยไก่ที่มีขนาดผลเล็กกว่าในการทดลองทั้งสองแบบ โดยจำนวนดักแด้ น้ำหนักดักแด้ และจำนวนวันในระยะดักแด้ ของแมลงวันพริก *B. latifrons* ในผลพริกหยวกมีสูงกว่าในพริกเดือยไก่อย่างมีนัยสำคัญ ในสภาพการทดสอบที่มีผล 10 ผลต่อกรง พบว่า แมลงวันพริก *B. latifrons* เพิ่มจำนวนผลที่วางไข่ในพริกเดือยไก่ แต่ยังคงวางไข่ 1 ฟองต่อผลเช่นเดิม โดยมีจำนวนดักแด้รวมต่อกรงมากกว่าในการทดสอบแบบ 1 ผลต่อกรง ในขณะที่ในพริกหยวกไม่มีความแตกต่างของจำนวนดักแด้ที่ได้ในระหว่างกรงทดสอบแบบ 1 ผลต่อกรงและ 10 ผลต่อกรง จากผลการศึกษายืนยันว่าแมลงวันพริก *B. latifrons* มีแนวโน้มวางไข่จำนวนมากขึ้นเมื่อผลพืชอาศัยมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีลักษณะเป็น k-species ดังนั้นแม้จำนวนผลพืชอาศัยเพิ่มมากขึ้น แต่แมลงวันพริก *B. latifrons* มีแนวโน้มรักษาความสม่ำเสมอของจำนวนไข่ที่วาง

คำสำคัญ: พืชอาศัย, พริกเดือยไก่, พริกหยวก

Abstract

Study on oviposition behavior of *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) in two host plant species, banana pepper *Capsicum annum* and Duey Kai chili *C. annum* cv. Duey Kai using comparative the variable of host fruit number conditions as one fruit and ten fruits per one cage. Results presented that *B. latifrons* lay eggs into large host fruit (banana pepper) with the higher number of eggs than that of small host fruit (Duey Kai chili) in both conditions. In addition, the total number of pupae, pupal weight and pupal stage period of *B. latifrons* in banana pepper were higher significant than that of Duey Kai chili under one fruit per one cage condition. Under ten fruits per one cage condition, *B. latifrons* laid more eggs into Duey Kai chilli fruit but only one egg per fruit as one fruit per one cage condition with higher total pupal number per cage. In contrast, there was no significant difference in the total number of pupae among two conditions in banana pepper. Results confirmed that *B. latifrons* tends to lay more eggs into larger host fruit and present the k-species behavior with keep always egg clutch size although higher number host fruit.

Keywords: Banana pepper, Duey Kai chili, Host plant

คำนำ

พริกเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยมีผลผลิตส่งออกสู่ท้องตลาดทั้งปี มีพื้นที่เพาะปลูกมากเป็นอันดับ 1 ของประเทศ จากข้อมูลขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ในปี 2563 ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตพริกสด พริกแห้ง เป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากอินเดียโดยมีผลผลิตดังกล่าวคือ 322,866 ตัน แต่เนื่องจากการปลูกพริกยังประสบปัญหาด้านแมลงศัตรูพืชอย่างหนักโดยแมลงศัตรูพริกที่มีแนวโน้มความสำคัญ คือ แมลงวันพริก *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มของแมลงวันผลไม้ที่สำคัญในประเทศไทยซึ่งมีขอบเขตแพร่กระจายทั่วไปในประเทศไทย มีพืชอาศัยมากกว่า 9 สายพันธุ์ เช่น พริกชี้ฟ้า พริกขี้หนู ยี่เข่ง มะเขือเปราะ มะแว้งต้น มะเขือยาว มะแว้งเครือ มะเขือพวง เป็นต้น (อโนทัย และนุชรีย์, 2554) พบการเข้าทำลายตลอดช่วงระยะการเก็บเกี่ยว ตั้งแต่ระยะติดผลจนถึงระยะพริกสุก โดยแมลงวันพริก *B. latifrons* มีความเฉพาะเจาะจงต่อพืชในตระกูล Solanaceae มากกว่าแมลงวันผลไม้ชนิดอื่น (Harris et al., 2003) โดยพบว่า ยิ่งผลของพืชมีขนาดใหญ่ แมลงวันพริก *B. latifrons* จะวางไข่มากตามไปด้วย เพราะผลมีเนื้อที่และปริมาณสารอาหารมากพอแก่ตัวอ่อนจำนวนมาก แต่หากผลของพืชมีขนาดเล็ก แมลงวันพริกจะวางไข่น้อยลง เพื่อป้องกันตัวอ่อนตายจากการที่อาหารภายในผลไม่เพียงพอ ซึ่งพบได้ในแมลงวันผลไม้ชนิดอื่นด้วย เช่น *Rhagoletis turpiniae*, *Anastrepha ludens* และ *Carpomyia vesuviana* (Aluja et al., 2001; Singh and Vashishtha, 2002; Diaz-Fleisher and Aluja, 2003)

วิกันดา (2559) ได้ศึกษาผลการทดสอบความชอบพืชอาศัยของแมลงวันพริก *B. latifrons* ในพืชทดสอบ 7 ชนิด ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการทั้งแบบไม่มีตัวเลือกและมีตัวเลือกและการทดสอบในสภาพไร่ เรียงลำดับพืชอาศัยที่พบจำนวนดักแด้แมลงวันพริก *B. latifrons* จากมากไปน้อย ได้ดังนี้ คือ มะเขือเปราะ พริกหยวก พริกพันธุ์หนุ่ม และพริกชี้ฟ้า ตามลำดับ อรอนงค์ และคณะ (2564) ศึกษาชนิดและการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงวันทอง สกุล *Bactrocera* ที่ลงทำลายพริกจำนวน 6 สายพันธุ์ พบการลงทำลายของแมลงวันพริก *B. latifrons* สูงมากในพริกพันธุ์เขียวหนุ่มจอมทอง หยวก ขาวสบันงา และหยกสยาม ตามลำดับ โดยพบว่า สีเหลืองส้มของผลมีแนวโน้มดึงดูดแมลงวันพริก *B. latifrons* มากกว่าผลสีเหลือง แดง และเขียว ซึ่งปัญหาการเข้าทำลายของแมลงวันพริกที่ยังคงเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ผลผลิตคุณภาพของผลผลิตเสียหาย เกษตรกรต้องทำการป้องกันกำจัดทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้ต้นทุนผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น และการป้องกันกำจัดแมลงวันพริกโดยใช้สารฆ่าแมลงอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม แมลงวันพริกจึงเป็นปัญหาสำคัญในระดับประเทศจึงต้องหาวิธีป้องกันกำจัดโดยใช้หลายวิธีร่วมกันแบบบูรณาการเพื่อลดการใช้สารเคมีอันตราย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการวางไข่และความชอบวางไข่ของแมลงวันพริก *B. latifrons* ในพืชอาศัย 2 สายพันธุ์ที่มีจำนวนของผลพืชอาศัยเป็นตัวทดสอบ เพื่อสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเป็นพืชกับดักและสามารถนำไปสู่การพัฒนาแนวทางในการควบคุมแมลงวันพริก ซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรสามารถยึดเป็นแนวปฏิบัติเพื่อลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลงในแปลงปลูกพริก เป็นอีกช่องทางหนึ่งที่สามารถช่วยสนับสนุนระบบการปลูกพริกตามแนวปฏิบัติ ASEAN GAP ของเกษตรกร เพื่อยกระดับคุณภาพผลผลิตพริกของประเทศไทยให้เข้าสู่มาตรฐานสากล

อุปกรณ์และวิธีการ

การเพาะขยายพันธุ์แมลงวันพริก Bactrocera latifrons

เก็บพริกและมะเขือที่มีการลงทำลายของแมลงวันพริกจากแหล่งต่างๆ เช่น สวนของเกษตรกร ตลาด และในฟาร์มเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี จากนั้นนำมาเก็บในกล่องที่รองก้นด้วยทรายสูงจากพื้นกล่อง 1 นิ้ว ทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ ก่อนนำมาร่อนทรายออกเพื่อแยกดักแด้แมลงวันพริก *B. latifrons* ด้วยตะแกรงร่อน นำดักแด้ที่ได้เก็บในกล่องเพื่อรอให้แมลงออกจากดักแด้ เมื่อตัวเต็มวัยแมลงวันพริก *B. latifrons* ออกมาจากดักแด้ ตรวจสอบลักษณะและคัดเลือกเฉพาะชนิด *B. latifrons* จากนั้นย้ายแมลงวันพริก *B. latifrons* ใส่ในกรงเลี้ยงแมลง เลี้ยงด้วยอาหารคือ ยีสต์และน้ำตาลในอัตราส่วน 1:3 ในจาน และมีฟองน้ำที่ชุ่มน้ำใส่ไว้ในถ้วย หลังจากเลี้ยงจนมีอายุประมาณ 2 สัปดาห์ แมลงจะสมบูรณ์พันธุ์เต็มที่เริ่มมีการผสมพันธุ์และวางไข่ นำพริกหยวก (banana pepper) และพริกเดือยไก่ (Duey Kai chili) ในระยะเหลื่อมมีสีเหลืองอมส้ม ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใช้ทดสอบ ใส่ในกรงเลี้ยงเพื่อให้แมลงวางไข่ ทิ้งไว้ประมาณ 1 วัน นำพริกชนิดที่ใช้ในการทดสอบไปเก็บไว้ในกล่อง เพื่อรอเก็บดักแด้และเลี้ยงตัวเต็มวัยที่เป็นลูกรุ่นต่อไป โดยพริกทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบ จะใช้ในการเพาะพันธุ์แมลงวันพริก *B. latifrons* ซึ่งการทดสอบจะใช้ แมลงรุ่น F2–F4 เพศเมียที่มีไข่เต็มท้องพร้อมที่จะวางไข่ (gravid female fly) อายุไม่เกิน 2 สัปดาห์ (Wingsanoi and Siri, 2012)

ศึกษาพฤติกรรมการวางไข่ของแมลงวันพริก B. latifrons ในสภาพที่มีจำนวนของผลพืชอาศัยน้อย

ทำการทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก (non-choice test) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยนำผลของพืชทดสอบทั้ง 2 ชนิด ประกอบด้วย พริกหยวก และ พริกพันธุ์เดือยไก่ ซึ่งเป็นพริกในระยะเหลื่อมที่เป็นสีเหลืองอมส้ม โดยใช้กระดาษเทียบสีพืชผักและผลไม้ (ยี่ห้อ Royal horticultural societyรุ่น RHS Color chart) วัดให้ค่าสีพริกเท่ากันในการทดสอบทุกครั้ง แขวนพริกไว้ในกรงทดสอบ ขนาด 30 × 30 × 30 เซนติเมตร กรงละ 1 ชนิด จำนวน 1 ผลต่อกรง วางจานใส่ยีสต์และน้ำตาลในอัตราส่วน 1:3 ในกรงเพื่อเป็นอาหารแมลง และมีฟองน้ำที่ชุ่มน้ำใส่ไว้ในถ้วยเพื่อเป็นแหล่งน้ำ จากนั้นปล่อยแมลงวันพริก *B. latifrons* ตัวเมียที่มีไข่เต็มท้องพร้อมที่จะวางไข่ อายุไม่เกิน 3 สัปดาห์จำนวน 1 ตัว ในกรง ทิ้งไว้ 1 วัน นำผลของพริกแต่ละชนิดออกมาจากกรง นำไปเก็บในกล่องที่ใส่ทราย เพื่อให้แมลงเข้าดักแด้ ร่อนแยกดักแด้ออกจากทรายด้วยตะแกรงร่อน นับจำนวนดักแด้ที่ได้จากผลของพืชแต่ละชนิด ชั่งน้ำหนักดักแด้ เก็บข้อมูลจำนวนวันในระยะหนอนและระยะดักแด้ของแมลงวันพริก *B. latifrons* ในพริกหยวกและพริกเดือยไก่ชนิดละ 10 ซ้ำ

ศึกษาพฤติกรรมการวางไข่ของแมลงวันพริก B. latifrons ในสภาพที่มีจำนวนของผลพืชอาศัยมาก

ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลแบบเดียวกับข้อ 2 แต่เพิ่มจำนวนผลของพืชทดสอบชนิดละ 10 ผลต่อกรง และทดสอบในกรงขนาด 60 × 60 × 90 เซนติเมตร

การวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ผลที่ได้ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ t-test เปรียบเทียบจำนวนดักแด้ น้ำหนักดักแด้รวม จำนวนวันในระยะหนอนและระยะดักแด้ของแมลงวันพริก *B. latifrons* ในพริกหยวกและพริกเดือยไก่

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่า ภายใต้สภาพที่มีพริกเพียงผลเดียวในกรงทดสอบ แมลงวันพริก *B. latifrons* วางไข่ในพริกเดือยไก่ 1 ฟองต่อ 1 ผล ในขณะที่ในพริกหยวก วางไข่ตั้งแต่ 1–4 ฟองต่อ 1 ผล โดยพบว่าจำนวนดักแด้และน้ำหนักดักแด้รวมต่อกรงที่ได้ของแมลงวันพริก *B. latifrons* ในพริกหยวกมีสูงกว่าในพริกเดือยไก่อย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างในจำนวนวันของการเจริญเติบโตในระยะหนอน แต่แตกต่างในระยะดักแด้ โดยพบว่าแมลงวันพริก *B. latifrons* ที่เจริญเติบโตจากพริกเดือยไก่มีระยะดักแด้สั้นกว่าจากพริกหยวกอย่างมีนัยสำคัญ โดยเปอร์เซ็นต์การออกมาเป็นตัวเต็มวัยไม่แตกต่างกัน (Table 1) ในขณะที่ผลการศึกษาภายใต้สภาพที่มีผลพริก 10 ผลในกรงทดสอบ พบว่าจำนวนผลพริกเดือยไก่ที่ถูกแมลงวันพริก *B. latifrons* วางไข่ไม่แตกต่างจากการวางไข่ในผลพริกหยวก คือ 1–3 ผล แต่จะมีการวางไข่ 1 ฟองต่อ 1 ผลเท่านั้น ในขณะที่ในพริกหยวก วางไข่ตั้งแต่ 1–4 ฟองต่อ 1 ผล โดยพบว่าจำนวนดักแด้และน้ำหนักดักแด้รวมที่ได้ต่อกรงของแมลงวันพริก *B. latifrons* ในพริกหยวกมีสูงกว่าในพริกเดือยไก่อย่างมีนัยสำคัญ และไม่มีความแตกต่างของจำนวนวันในระยะหนอน ระยะดักแด้ และเปอร์เซ็นต์การออกมาเป็นตัวเต็มวัย ในพริกทั้งสองชนิด (Table 2)

Table 1 Development of *B. latifrons* in two chili species under one fruit per one cage

Chili species	Number of pupae/cage	Pupal weight/cage(g)	Larval stage (day)	Pupal stage (day)	Adult emergence (%)	Morphological characteristics (± SD)		
						Width (cm.)	Length (cm.)	Fresh weight (g)
Duey Kai chili	1.00 ± 0.00	0.0134 ± 0.002	10.25 ± 2.95	6.53 ± 2.77	100 ± 0.00	1.08 ± 0.21	4.28 ± 0.63	1.08 ± 0.21
banana pepper	3.25 ± 1.12	0.0363 ±0 .0157	9.70 ± 3.45	9.10 ± 2.67	87.50 ± 17.67	3.60 ± 0.41	8.74 ± 0.63	21.30 ± 2.95
t-test	t = -9.000, $P \leq 0.0001$	t = -6.451, $P \leq 0.0001$	t = 0.542, $P = 0.591$	t = -2.766, $P = 0.009$	t = 2.23, $P = 0.052$	t = 16.88, $P \leq 0.0001$	t = 18.14, $P \leq 0.0001$	t = 21.64, $P \leq 0.0001$

Table 2 Development of *B. latifrons* in two chili species under ten fruits per one cage

Chili species	Number of infested fruits/cage	Number of pupae/cage	Pupal weight/cage (g)	Larval stage (day)	Pupal stage (day)	Adult emergence (%)	Morphological characteristics (± SD)		
							Width (cm.)	Length (cm.)	Fresh weight (g)
Duey Kai chili	2.20 ± 0.80	2.20 ± 0.80	0.020 ± 0.007	10.50 ± 2.50	8.40 ± 1.26	72.50 ± 41.58	1.08 ± 0.21	4.13 ± 0.61	1.29 ± 0.31
banana pepper	2.1 ± 0.70	3.40 ± 0.70	0.042 ±0.013	10.90 ± 3.60	9.10 ± 1.72	80.00 ± 19.72	3.92 ± 0.41	8.94 ± 0.83	27.70 ± 3.16
t-test	t = 0.293, $P = 0.773$	t = -3.6, $P = 0.002$	t = -4.23, $P \leq 0.0001$	t = -0.288, $P = 0.777$	t = -1.03, $P = 0.315$	t = -0.515, $P = 0.615$	t = 19.09, $P \leq 0.0001$	t = 14.69, $P \leq 0.0001$	t = 26.26, $P \leq 0.0001$

จากการเปรียบเทียบความชอบวางไข่ในพริกเดือยไก่ ระหว่างการทดสอบ 1 ผล ต่อ 1 กรง และ 10 ผล ต่อ 1 กรง พบว่า จำนวนดักแด้และน้ำหนักดักแด้รวมต่อกรงที่ได้ของแมลงวันพริก *B. latifrons* ในการทดสอบ 10 ผลต่อ 1 กรง มีสูงกว่าในการทดสอบแบบ 1 ผล ต่อ 1 กรง อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างของจำนวนวันในระยะหนอนและระยะดักแด้ และเปอร์เซ็นต์การออกมาเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันพริกในพริกเดือยไก่ (Table 3) ผลที่ได้ในพริกหยวกมีความแตกต่างจากในพริกเดือยไก่ โดยพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของจำนวนดักแด้และน้ำหนักดักแด้รวมต่อกรง จำนวนวันในระยะหนอนและระยะดักแด้ และเปอร์เซ็นต์การออกมาเป็นตัวเต็มวัย (Table 4)

Table 3 Comparison of *B. latifrons* development on Duey Kai chili for one fruit and ten fruits per one cage

Duey Kai	Number of pupae/cage	Pupal weight/cage (g)	Larval stage (day)	Pupal stage (day)	Adult emergence (%)
One fruit	1.00 ± 0.00	0.012 ± 0.002	11.20 ± 3.70	6.4 ± 3.23	100 ± 0.00
Ten fruits	2.20 ± 0.78	0.021 ± 0.007	10.50 ± 2.50	8.4 ± 1.26	72.50 ± 41.58
t-test	t = -4.81, *P* = 0.001	t = -3.53, *P* = 0.004	t = 0.49, *P* = 0.63	t = -1.8, *P* = 0.095	t = 2.09, *P* = 0.06

Table 4 Comparison of *B. latifrons* development on banana pepper for one fruit and ten fruits per one cage

banana pepper	Number of pupae/cage	Pupal weight/cage (g)	Larval stage (day)	Pupal stage (day)	Adult emergence (%)
One fruit	3.10 ± 1.40	0.034 ± 0.02	10.2 ± 4.2	9.4 ± 3.62	80 ± 33.00
Ten fruits	3.40 ± 0.70	0.042 ± 0.01	10.9 ± 3.6	9.1 ± 1.72	80 ± 19.72
t-test	t = -0.61, *P* = 0.548	t = -1.044, *P* = 0.312	t = -0.339, *P* = 0.69	t = 0.26, *P* = 0.312	t = 0.00, *P* = 1.000

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า แมลงวันพริก *B. latifrons* วางไข่ในพริกหยวกเป็นจำนวนมากกว่าพริกเดือยไก่ ซึ่งจากการที่ไม่พบความแตกต่างของจำนวนวันในระยะหนอน ระยะดักแด้และเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันพริก *B. latifrons* ในพริกทั้งสองชนิด ทำให้สรุปได้ว่า แมลงวันพริก *B. latifrons* มีการวางไข่ในปริมาณที่เหมาะสมต่อขนาดผลพืชอาศัย เพื่อเพิ่มอัตราการรอดชีวิตให้กับลูก สอดคล้องกับรายงานการศึกษาก่อนหน้า ที่รายงานถึงความชอบวางไข่ของแมลงวันพริก *B. latifrons* ว่ามีแนวโน้มวางไข่จำนวนมากขึ้นเมื่อผลพืชอาศัยมีขนาดใหญ่ขึ้น (วิกันดา, 2559; Aluja et al., 2001; Singh and Vashishtha, 2002; Diaz-Fleisher and Aluja, 2003) และจากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบความน่าสนใจเพิ่มเติมว่า ในสภาพการทดสอบในกรงทดลองที่มีพริกเดือยไก่เป็นพืชอาศัย แมลงวันพริก *B. latifrons* เพิ่มจำนวนผลที่วางไข่ในพริกเดือยไก่ภายใต้สภาพที่มีผล 10 ผลในกรง แต่ยังคงวางไข่ 1 ฟองต่อผลเช่นเดิม โดยมีจำนวนดักแด้รวมต่อกรงมากกว่าในการทดสอบแบบ 1 ผลต่อกรง ในขณะที่ในพริกหยวกไม่มีความแตกต่างของจำนวนดักแด้ที่ได้

ในระหว่างกรงทดสอบแบบ 1 ผลต่อกรงและ 10 ผลต่อกรง แสดงให้เห็นว่า แมลงวันพริก *B. latifrons* พิจารณาจำนวนไข่ที่วางให้เหมาะสมกับปริมาณสารอาหารภายในผลพืชอาศัย ดังนั้นขนาดผลพืชอาศัยจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่แมลงวันพริกใช้ในการพิจารณาว่าเหมาะสมจะวางไข่ในปริมาณเท่าใด นอกจากนี้ยังแสดงพฤติกรรมความสม่ำเสมอของการวางไข่ ซึ่งจะเห็นได้จากการวางไข่ในพริกหยวก ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างในสภาพที่มี 1 ผลต่อกรง และ 10 ผลต่อกรง ยังคงมีการวางไข่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่หากเป็นพริกเดือยไก่ จะเพิ่มการวางไข่เมื่อมีมากกว่า 1 ผล แต่ยังมีจำนวนผลที่วางอยู่ระหว่าง 1–3 ผลต่อกรงเท่านั้น ไม่ได้วางมากไปกว่านี้ ทั้งที่ยังมีไข่ในรังไข่ที่สามารถวางได้ ซึ่งเป็นลักษณะของ k-species ที่มีแนวโน้มจะใช้พลังงานมากขึ้นเพื่อใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการเพิ่มอัตราการสืบพันธุ์ให้สูง (Landahl and Root, 1969) จึงเห็นได้ว่าแมลงวันพริก *B. latifrons* ใช้พลังงานในการวางไข่น้อย ซึ่งในสภาพธรรมชาติ เป็นไปได้ว่าแมลงวันพริก *B. latifrons* ใช้พลังงานส่วนใหญ่ไปกับการค้นหาพืชอาศัยเพื่อวางไข่ ซึ่งอาจเป็นเพราะพืชอาศัยในธรรมชาติมีบางช่วงฤดูกาลหาได้ยาก

สรุป

แมลงวันพริก *B. latifrons* มีแนวโน้มวางไข่จำนวนมากขึ้นเมื่อผลพืชอาศัยมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยพิจารณาจำนวนไข่ที่วางให้เหมาะสมกับปริมาณสารอาหารภายในผลพืชอาศัย แมลงวันพริก *B. latifrons* มีลักษณะเป็น k-species ดังนั้นแม้จำนวนผลพืชอาศัยเพิ่มมากขึ้น แต่แมลงวันพริกมีแนวโน้มรักษาความสม่ำเสมอของจำนวนไข่ที่วาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. สุรพล ฐิติธนากุล ที่ให้ความอนุเคราะห์ผลพริกเดือยไก่ปลอดสารพิษเพื่อการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นุชรีย์ ศิริ. 2550. แมลงวันพริก (*Bactrocera latifrons*). ศักยภาพการผลิตพริกเพื่ออุตสาหกรรมการส่งออกของไทยในปัจจุบันและอนาคต. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2544. แมลงวันผลไม้ที่สำคัญของประเทศไทย และการแพร่กระจายในแมลงวันผลไม้ในประเทศไทย. เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา. โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด. กรุงเทพฯ.

รุจินี เล้ารัตนบูรพา. 2523. การป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยพืชยาฆ่าแมลงบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิกันดา รัตนพันธ์. 2559. การศึกษาความชอบพืชอาศัยและการใช้พืชกับดักในการจัดการแมลงวันผลไม้ *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) ในพริก. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อโนทัย วิงสระน้อย, นุชรีย์ ศิริ. 2554. การทำลายของแมลงวันพริก *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) ในผลพริก 8 สายพันธุ์. แก่นเกษตร. 39: 25–32.

อรอนงค์ พึ่งเขียว วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ จิราพร กุลสาริน, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2564.ชนิดและการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงวันทองสกุล *Bactrocera* ที่ทำลายผลพริกบางพันธุ์ในจังหวัดพิษณุโลก. วารสารเกษตร. 37(1): 65–74.

Aluja, M., Lozada, N., Pinero, J., Birke, A., Hernandez-Ortiz, V., Diaz-Fleischer, F. 2001. Basic behavior of *Rhagoletis turpiniae* (Diptera: Tephritidae) with comparative notes on the sexual behavior of *Rhagoletis pomonella* and *Rhagoletis zoqui*. Ann. Entomol. Soc. Am. 94: 268–274.

Diaz-Fleischer, F., Aluja, M. 2003. Clutch size in frugivorous insects as a function of host firmness: the case of the tephritid fly *Anastrepha ludens*. Ecol. Entomol. 28: 268–277.

Drew, R.A.I., Hancock, D.L. 1994. The *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) in Asia. Bull. Entom. Res. Supplement No. 2.

Food and Agriculture organization. 2020. การจัดอันดับอัตราการส่งออกผลพริก. สืบค้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2567 จาก https://www.salika.co

Harris, E.J., Liquido, N.J., Lee, C.Y.L. 2003. Patterns in appearance and fruit host utilization of fruit flies (Diptera: Tephritidae) on the Kalaupapa Peninsula, Molokai, Hawaii. Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 36: 69–78.

Landahl, J.T., Root, R.B. 1969. Differences in the life tables of tropical and temperate milkweed bugs, genus Oncopeltus (Hemiptera: Lygaeidae). Ecol. 50: 734–737.

Singh, M.P., Vashishtha, B.B. 2002. Factors influencing infestation of fruit fly (*Carpomyia vesuviana*) in indian jujube (*Ziziphus mauritiana*). Indian J. Agric. Sci. 72: 543–547.

Wingsanoi, A., Siri, N. 2012. The oviposition of the chili fruit fly (*Bactrocera latifrons* Hendel) (Diptera: Tephritidae) with reference to reproductive capacity. Sci. Technol. 34: 475–478.

การคัดเลือกและประเมินสายพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเขียว

Selection and evaluation of tomato varieties resistant to bacterial wilt disease

ณัฐรดา โสพิลา[a,*], **ศุภรัตน์ ศรีทะวงษ์**[a], **รุ่งนภา ทองเครง**[c], **สุดใจ ล้อเจริญ**[a], **เสาวนี เขตสกุล**[b], **จีรภา ออสติน**[a]

Natrada Sopila[a,*], Supharat Srithawong[a], Rungnapa Thongkreng[c], Sudchai Locharoen[a], Saowani Ketsakul[b], Jirapa Austin[a]

[a]ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ศรีสะเกษ 33000

[b]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพังงา พังงา 82110

[c]สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[a]Si Sa Ket Horticultural Research Centre, Si Sa Ket 33000, Thailand

[b]Phang Nga Agricultural Research and Development Centre, Phang Nga 82110, Thailand

[c]Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author E-mail address: nutrada.ns14@gmail.com

บทคัดย่อ

การปลูกมะเขือเทศมักประสบปัญหาโรคเหี่ยวเขียวที่เกิดจากแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* การจัดการโรคส่วนใหญ่ยังใช้สารเคมีซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม การพัฒนาพันธุ์ต้านทานจึงเป็นอีกทางเลือกที่ดีในการจัดการโรค การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและประเมินความต้านทานโรคเหี่ยวเขียวของมะเขือเทศจำนวน 30 พันธุ์/สายพันธุ์ การประเมินพันธุ์มะเขือเทศต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวในสภาพโรงเรือน หลังปลูกเชื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวระดับต้านทาน จำนวน 1 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1713 มีดัชนีการเกิดโรค 10% ส่วนการประเมินการเกิดโรคในสภาพแปลงปลูก หลังย้ายปลูก 8 สัปดาห์ พบทุกพันธุ์/สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรคน้อยกว่า 20% ซึ่งมีจำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO0301, AVTO1003, AVTO1008, AVTO1010, AVTO1314, AVTO1409, AVTO1707, AVTO1828 และ AVTO1920 ที่มีดัชนีการเกิดโรค 0% มะเขือเทศต้านทานเหล่านี้สามารถนำมาพัฒนาต่อเพื่อให้ได้มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเขียวในงานด้านการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

คำสำคัญ: การปรับปรุงพันธุ์, มะเขือเทศ, โรคเหี่ยวเขียว

Abstract

Tomato cultivation is often affected by bacterial wilt disease (*Ralstonia solanacearum*). For disease management still involves chemical treatment, which poses health and environmental risks. Therefore, the development of resistant varieties is an alternative approach for disease management. This experiment aimed to select and evaluate 30 tomato lines resistant to wilt disease. Evaluation of tomato varieties resistant to bacterial wilt in greenhouse. After 4 weeks of inoculation, the result showed one tomato line were resistant with a disease incidence index of 10%, namely AVTO1713. Evaluation of disease incidence in field conditions after 8 weeks of transplanting, the result showed all tomato lines were found to have a disease incidence index of less than 20%. There are 9 tomato lines, namely AVTO0301, AVTO1003, AVTO1008, AVTO1010, AVTO1314, AVTO1409, AVTO1707, AVTO1828 and AVTO1920, with a disease incidence index of 0%. These resistant lines were selected. These lines will be used for bacterial wilt resistance breeding program.

Keywords: Bacterial wilt, Breeding, Tomato

คำนำ

มะเขือเทศ (*Lycpersicon esculentum* Mill.) เป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย การปลูกมะเขือเทศมักประสบปัญหาของโรคที่สำคัญ คือโรคเหี่ยวเขียวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* ซึ่งเข้าทำลายพืชทางรากตามบาดแผลหรือช่องเปิดตามธรรมชาติ สามารถแพร่ระบาดไปกับน้ำได้ดี เชื้ออยู่ได้ข้ามฤดูในดิน มีการแพร่ระบาดของเชื้อในทุกแหล่งปลูก ทั้งในเขตร้อนและกึ่งร้อนทั่วโลก สร้างความเสียหายต่อผลผลิตสูงถึง 30–100% การแสดงอาการของโรคเริ่มจากใบล่างเหี่ยวลู่ลงในขณะที่ใบยังเขียวอยู่ และเกิดการเหี่ยวทั้งต้นอย่างรวดเร็วหลังจากอาการเริ่มแรกปรากฏ 2–3 วัน (เพชรรัตน์ และพิศาล, 2547) เมื่อตัดขวางบริเวณโคนต้น นำมาแช่ในน้ำสะอาดสักครู่จะพบของเหลวสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม (bacterial exudate) ไหลออกมาจากรอยตัดเป็นสายซึ่งเต็มไปด้วยเซลล์แบคทีเรียจำนวนมาก (ศศิธร และศักดิ์, 2538) การควบคุมโรคทำได้ยาก เนื่องจากเชื้ออาศัยอยู่ในดิน วิธีการควบคุมที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางคือ การใช้พันธุ์ต้านทาน หรือการเสียบยอดโดยใช้พันธุ์ต้านทานเป็นต้นตอ ถึงแม้ว่าจะมีการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศต้านทานหลาย ๆ พันธุ์ แต่ความต้านทานไม่คงที่ เนื่องจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อม สายพันธุ์เชื้อสาเหตุโรค ทำให้เป็นการยากในการใช้พันธุ์เหล่านี้ในหลายๆ ประเทศ (Miao et al., 2009)

ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศส่งผลให้โรคและแมลงศัตรูมะเขือเทศเกิดการพัฒนาของสายพันธุ์มีระดับความรุนแรงของโรคเพิ่มมากขึ้น ทำให้พันธุ์มะเขือเทศที่เคยต้านทานโรคกลายเป็นระดับความต้านทานลดน้อยลง ผลผลิตของมะเขือเทศลดลง ซึ่งมีผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเทศทั่วทั้งประเทศ ในปี 2563 ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษได้เข้าร่วมโครงการ Development of Vegetable Breeding Technology in Asia Region ซึ่งเกิดจากความร่วมมือระหว่างกรมวิชาการเกษตรกับ The Asian Food and Agriculture Cooperation Initiative (AFACI ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์มะเขือเทศจากฐานพันธุกรรมภายใต้โครงการฯ ดังกล่าว ด้วยการประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวของมะเขือเทศในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก เพื่อให้ได้สายพันธุ์มะเขือเทศที่มีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวสำหรับกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำสายพันธุ์มะเขือเทศ ที่ได้จากโครงการ Development of Vegetable Breeding Technology in Asia Region จำนวน 27 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ AVTO0301, AVTO1003, AVTO1008, AVTO1010, AVTO1219, AVTO1306, AVTO1314, AVTO1315, AVTO1409, AVTO1424, AVTO1429, AVTO1702, AVTO1705, AVTO1706, AVTO1707, AVTO1711, AVTO1712, AVTO1713, AVTO1717, AVTO1718, AVTO1828, AVTO1909, AVTO1914, AVTO1915, AVTO1919, AVTO1920, AVTO1954 และพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ มะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์เป็นพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ ส่วนพันธุ์ต้านทานใช้พันธุ์ H7996 และ BWR#1405 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ปลูกประเมินพันธุ์มะเขือต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวในโรงเรือนและสภาพแปลงปลูก ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ตำบลหนองไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ

1. การประเมินพันธุ์มะเขือเทศต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวในสภาพโรงเรือน

ปลูกมะเขือเทศแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ลงในกระถาง ขนาด 10 เซนติเมตร ต้นกล้าอายุประมาณ 30 วัน พร้อมสำหรับการปลูกเชื้อ โดยใช้ต้นมะเขือเทศในการทดสอบจำนวน 10 ต้นต่อสายพันธุ์ นำเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* ที่เก็บรักษาไว้ในศูนย์เก็บรักษาเชื้อพันธุ์จุลินทรีย์โรคพืช กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร นำกระตุ้นให้มีชีวิตโดยนำมาเลี้ยงบนอาหาร Potato semisynthetic agar (PSA) บ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 96

ชั่วโมง นำโคโลนีที่เจริญบนอาหาร PSA มาเลี้ยงในอาหาร Kelmen's TZC agar บ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง คัดเลือกเฉพาะโคโลนีเดี่ยวสีขาวอมชมพู ตรงกลางโคโลนีเป็นสีชมพู รูปร่างไม่แน่นอน มาเลี้ยงในอาหารเหลว 523 บนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 250 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำ 100 µl ของสารละลายเชื้อมาเกลี่ยลงบนอาหารแข็ง 523 บ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเชื้อมาละลายด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตร ให้ได้ค่าความทึบแสง (Optical density, OD) เท่ากับ 0.3 มีความเข้มข้นของเชื้อประมาณ 10^8 หน่วยโคโลนีต่อมิลลิลิตร การปลูกเชื้อ *R. solanacearum* ให้กับต้นมะเขือเทศ ทำการงดการให้น้ำก่อนปลูกเชื้อ เป็นเวลา 1 วัน และปลูกเชื้อด้วยการราดสารละลายเชื้อที่เตรียมข้างต้นทันทีบริเวณโคนต้นมะเขือเทศ ในอัตราส่วนสารละลายต่อดินในกระถาง 1:10 (V/V) (ประมาณ 25 มิลลิลิตร/ต้น) ประเมินการเกิดโรคหลังปลูกเชื้อ 4 สัปดาห์ โดยนับจำนวนต้นที่แสดงอาการโรคเหี่ยวเขียว คำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเหี่ยวเขียว และจัดระดับความรุนแรงของเชื้อเป็น 5 ระดับ (Winstead and Kelman, 1952) คือ ระดับ 0 ต้นพืชไม่แสดงอาการเหี่ยว (พืชปกติ), ระดับ 1 ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยว 1–10%, ระดับ 2 ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยว 11–25%, ระดับ 3 ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยว 26–50%, ระดับ 4 ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยว 51–75%, ระดับ 5 ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากกว่า 75% (Fig. 1) คำนวณดัชนีความรุนแรงของโรค (Disease index, DI) จาก Equation 1:

$$\text{Disease index, DI (\%)} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นเป็นโรคในแต่ละระดับ} \times \text{ระดับอาการของโรค)}}{\text{จำนวนต้นพืชทดสอบทั้งหมด} \times \text{ระดับอาการสูงสุด}} \times 100 \qquad (1)$$

นำค่าดัชนีความรุนแรงของโรคมาใช้จัดระดับความต้านทานโรค โดยดัดแปลงจาก Sinha et al. (1988) ดังนี้ ค่าดัชนี 1–10% = ต้านทาน (Resistant, R), 11–20% = ต้านทานปานกลาง (Moderate resistant, MR), 21–30% = อ่อนแอปานกลาง (Moderately susceptible, MS), 31–70% = อ่อนแอ (Susceptible, S), 71–100% = อ่อนแอมาก (Highly susceptible, HS)

2. การประเมินพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเขียวในสภาพแปลงปลูก

ปลูกต้นกล้ามะเขือเทศอายุ 30 วัน แต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ปลูกแบบแถวคู่ จำนวน 12 ต้น/แถว ลงในแปลงที่คลุมด้วยพลาสติกเทา ขนาดแปลงปลูก 0.6 × 0.6 เมตร ระยะปลูก 0.5 × 0.5 เมตร ประเมินผลโดยการนับจำนวนต้นมะเขือเทศที่แสดงอาการเกิดโรคเหี่ยวเขียวหลังย้ายปลูก 8 สัปดาห์ และคำนวณการเกิดโรคโดยแสดงเป็นร้อยละ เหมือนการทดลองในโรงเรือน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการประเมินพันธุ์มะเขือต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวในสภาพโรงเรือน โดยปลูกเชื้อโรคเหี่ยวเขียวให้แก่ต้นมะเขือเทศ จำนวน 30 พันธุ์/สายพันธุ์ (Table 1) หลังปลูกเชื้อ 4 สัปดาห์ พบว่า ต้นมะเขือเทศสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียว ระดับต้านทาน (R) จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ H7996 และ AVTO1713 มีค่า R; DI = 1–10% กลุ่มระดับต้านทานปานกลาง (MR) จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO0301, AVTO1003, AVTO1409 และ AVTO1702 มีค่า MR; DI = 11–20% กลุ่มระดับอ่อนแอปานกลาง (MS) จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1010, AVTO1315, AVTO1909 และ BWR#1405 มีค่า MS; DI = 21–30% กลุ่มระดับอ่อนแอ (S) จำนวน 17 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1008, AVTO1219, AVTO1306, AVTO1314, AVTO1424, AVTO1429, AVTO1705, AVTO1706, AVTO1711, AVTO1712, AVTO1717,

AVTO1718, AVTO1828, AVTO1914, AVTO1915, AVTO1919 และ AVTO1920 มีค่า S; DI = 31–70% และ กลุ่มระดับอ่อนแอมาก (HS) จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1707, AVTO1954 และ สีดาทิพย์ มีค่า HS; DI = 71–100% (Table 2) ในการศึกษาครั้งนี้ โดยเฉลี่ยมะเขือเทศส่วนใหญ่ถูกทำลายได้มากกว่า 30% พันธุ์/สายพันธุ์ที่แสดงการเกิดโรคน้อยที่สุด ได้แก่ AVTO1713 (10%) H7996 (Resistant check)(0%) ในขณะที่พันธุ์สีดาทิพย์ (Susceptible check) แสดงการเกิดโรค 92%

การประเมินการเกิดโรคเหี่ยวเขียวในสภาพแปลงปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ กับมะเขือเทศจำนวน 30 พันธุ์/สายพันธุ์ ในสภาพแปลงปลูกที่เคยปลูกมะเขือเทศมาก่อน พบว่ามะเขือเทศทุกพันธุ์/สายพันธุ์แสดงอาการเกิดโรคน้อยกว่า 20% สอดคล้องกับรายงานของ บุญส่ง และคณะ (2554) ได้ประเมินการเกิดโรคเหี่ยวเขียวในสภาพแปลงปลูกที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี กับมะเขือเทศจำนวน 27 พันธุ์/สายพันธุ์ ในสภาพแปลงที่เคยปลูกพริกมาก่อน พบว่ามะเขือเทศหลายสายพันธุ์แสดงอาการเกิดโรคน้อยกว่า 20% อาจเป็นเพราะปริมาณเชื้อในแปลงทดลองมีต่ำและไม่กระจายตัว ในขณะที่พันธุ์ H7996 และ BWR#1405 (Resistant check) แสดงการเกิดโรค 2.47% และ 1.67% สีดาทิพย์ (Susceptible check) แสดงการเกิดโรค 10% สายพันธุ์ที่มีการเกิดโรคอยู่ในระดับ 0 พบจำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO0301, AVTO1003, AVTO1008, AVTO1010, AVTO1314, AVTO1409, AVTO1707, AVTO1828 และ AVTO1920 (Table 3) ซึ่ง Ishihara et. al. (2012) รายงานว่าความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียเหี่ยวเขียวนี้ถูกควบคุมด้วยยีน ในมะเขือเทศยีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานนี้ทำให้การแสดงออกมีหลายระดับ และสภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงความต้านทาน นอกจากนี้การตอบสนองของพันธุ์มะเขือเทศและเชื้อโรคเหี่ยวเขียว พบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละแหล่งปลูก โดยสายพันธุ์มะเขือเทศที่มีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวในมาเลเซียและไต้หวัน เมื่อนำมาทดสอบที่ฟิลิปปินส์ แสดงความอ่อนแอต่อโรคเหี่ยวเขียว (Hanson et. al., 1996) แสดงให้เห็นว่า แหล่งพันธุกรรมที่จะนำมาใช้ประเมินความต้านทานควรจะอยู่ในพื้นที่เดียวกันกับเชื้อโรคสาเหตุ จึงจะสามารถคัดเลือกพันธุ์ต้านทานให้ประสบความสำเร็จ

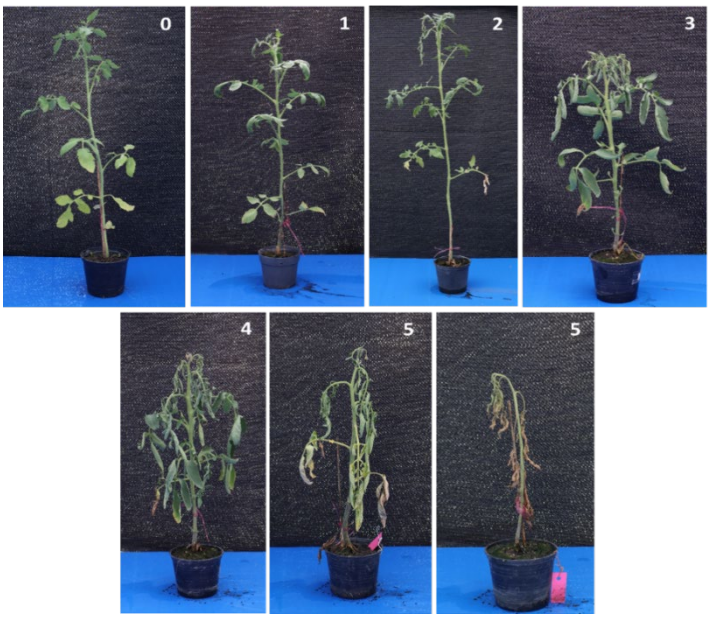


Fig. 1 Severity level of wilt disease, Level 0: normal plants, Level 1: 1–10% of plants show wilting symptoms, Level 2: 11–25% of plants show wilting symptoms, Level 3: 26–50% of plants show wilting symptoms, Level 4: 51–75% of plants show wilting symptoms, Level 5: More than 75% of plants show signs of wilting

Table 1 % bacterial wilt infection after inoculation for 4 weeks in greenhouse at Si Sa Ket Horticultural Research Centre

Tomato Line*	Wilt plant in greenhouse** (%)	Response
H7996[1/]	0	Resistant
AVTO1713	10	Resistant
AVTO0301	18	Moderate resistant
AVTO1409	18	Moderate resistant
AVTO1702	18	Moderate resistant
AVTO1003	20	Moderate resistant
AVTO1315	22	Moderately susceptible
AVTO1909	22	Moderately susceptible
BWR#1405[1/]	30	Moderately susceptible
AVTO1010	30	Moderately susceptible
AVTO1712	34	Susceptible
AVTO1718	38	Susceptible
AVTO1705	40	Susceptible
AVTO1717	40	Susceptible
AVTO1314	42	Susceptible
AVTO1711	42	Susceptible
AVTO1424	46	Susceptible
AVTO1706	46	Susceptible
AVTO1915	48	Susceptible
AVTO1919	48	Susceptible
AVTO1219	54	Susceptible
AVTO1828	56	Susceptible
AVTO1429	58	Susceptible
AVTO1914	58	Susceptible
AVTO1306	60	Susceptible
AVTO1008	60	Susceptible
AVTO1920	68	Susceptible
AVTO1954	74	Highly susceptible
AVTO1707	82	Highly susceptible
Sidathip[2/]	92	Highly susceptible

* The list of tomato for the bacterial wilt-resistant resistance markers; The Asian Food and Agriculture Cooperation Initiative (AFACI)

** Bacterial wilt strains were collected from the Plant Disease Microorganism Species Collection Center, Plant Disease Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture.

[1/]Resistant check [2/]Susceptible check

Table 2 Reaction of tomato lines to wilt plant *Ralstonia solanacearum* in greenhouse

Disease index (%)	Number of lines	Tomato Line	Response
1–10	2	H7996[1/], AVTO1713	Resistant (R)
11–20	4	AVTO0301, AVTO1003, AVTO1409, AVTO1702	Moderate resistant (MR)
21–30	4	AVTO1010, AVTO1315, AVTO1909, BWR#1405[1/]	Moderately susceptible (MS)
31–70	17	AVTO1008, AVTO1219, AVTO1306, AVTO1314, AVTO1424, AVTO1429, AVTO1705, AVTO1706, AVTO1711, AVTO1712, AVTO1717, AVTO1718, AVTO1828, AVTO1914, AVTO1915, AVTO1919, AVTO1920	Susceptible (S)
71–100	3	AVTO1707, AVTO1954, Sidathip[2/]	Highly susceptible (HS)
Total	30		

[1/]Resistant check [2/]Susceptible check

Table 3 % bacterial wilt infection after inoculation for 8 weeks in the field at Si Sa Ket Horticultural Research Centre

Tomato Lines*	Wilt plant in field (%)
AVTO0301	0.00
AVTO1003	0.00
AVTO1008	0.00
AVTO1010	0.00
AVTO1314	0.00
AVTO1409	0.00
AVTO1707	0.00
AVTO1828	0.00
AVTO1920	0.00
BWR#1405[1/]	1.67
AVTO1706	2.09
AVTO1711	2.18
AVTO1914	2.18
AVTO1702	2.27
AVTO1954	2.28
AVTO1429	2.38
H7996[1/]	2.47
AVTO1315	2.63
AVTO1219	9.53
AVTO1306	4.17
AVTO1909	4.17
AVTO1713	4.47
AVTO1915	6.25
AVTO1717	8.34
AVTO1424	8.70
AVTO1712	8.70
AVTO1705	9.38
Sidathip[2/]	10.00
AVTO1919	10.72
AVTO1718	13.05

* The list of tomato for the bacterial wilt-resistant resistance markers; The Asian Food and Agriculture Cooperation Initiative (AFACI)

[1/]Resistant check [2/]Susceptible check

สรุป

สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวในสภาพโรงเรือนได้ดี ได้แก่ AVTO1713 และสายพันธุ์ที่ทนทาน ได้แก่ AVTO0301, AVTO1003 และ AVTO1409 ในสภาพแปลงปลูก สายพันธุ์ที่มีความต้านทาน จำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO0301, AVTO1003, AVTO1008, AVTO1010, AVTO1314, AVTO1409, AVTO1707, AVTO1828 และ AVTO1920 โดยมีดัชนีการเกิดโรค 0% สามารถนำมาพัฒนาต่อเพื่อให้ได้มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเขียวในงานด้านการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ The Asian Food and Agriculture Cooperation Initiative (AFACI) และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญส่ง เอกพงษ์, กรุง สีตะธนี, ยุวดี ชูประภาวรรณ, รักเกียรติ แสนประเสริฐวิทยา, วิทยา เศรษฐวิทยา, ดวงหทัย สุขกิจ. 2554. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 : สาขาพืช.กรุงเทพฯ. 2554: 429–436.

เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล, พิศาล ศิริธร. 2547. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การพัฒนาเทคนิค ELISA สำหรับการตรวจวินิจฉัยโรคเหี่ยวมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียต้องห้ามในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเพื่อส่งออก. ภาควิชาโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 37 น.

ศศิธร วุฒิวณิชย์, ศักดิ์ สุนทรสิงห์. 2538. การทดสอบพันธุ์ต้านทานโรคเหี่ยวของมะเขือเทศที่เกิดจาก เชื้อแบคทีเรีย. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 29: 435–444.

Hanson, P.M., Wang, J.F., Licardo, O., Hanudin, Mah, S.Y., Hartman, G.L., Lin, Y.C., Chen, J.T. 1996. Variable Reaction of Tomato Lines to Bacterial Wilt Evaluated at Several Locations in Southeast Asia. HortScience. 31: 143–146.

Ishihara, T., Takahashi, I., Nakaho, K. 2012. Transcriptome Analysis of Quantitative Resistance-specific Response upon Ralstonia solanacearum Infection in Tomato. PLoS One. 7: e46763.

Miao, L., Shou, S., Cai, J., Jiang, F., Zhu, Z., Li, H. 2009. Identification of two AFLP markers linked to bacterial wilt resistance in tomato and conversion to SCAR markers. Mol Biol Rep. 36: 479–486.

Sinha, S.K., Mishra, B., Singh, D.R., Jain, B.P. 1988. Reaction of wilt resistant tomato variety and lines to *Pseudomonas solanacearum*. ACIAR Bacterial Wilt Newsletter 4: 3 Winstead, N.N. and Kelman, A., 1952, Inoculation Technique for Evaluating Resistance to Pseudomonas solanacearum, Phytopathology. 42: 628–634.

การประเมินความทนทานต่อความเครียดจากการขาดน้ำในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

Evaluation of cassava cuttings for tolerance to water deficit stress conditions

ชฎาพร อินเปลี่ยน*, กุสุมา รอดแผ้วพาล, สุวลักษณ์ ศันสนีย์, ภานุวัฒน์ มูลจันทะ, นราชัย โพธิ์สาร

Chadaporn Inplean*, Kusuma Rodpeawpan, Suwaluk Sansanee, Phanuwat Moonjuntha, Narachai Phosan

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร ระยอง 21150

Rayong Field Crops Research Center, Department of Agriculture, Rayong 21150, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: Chadaporn.inplean@gmail.com

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในพื้นที่แห้งแล้ง แต่ยังต้องการน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต งานวิจัยนี้จึงประเมินความทนทานต่อความเครียดจากการขาดน้ำในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์สำหรับสร้างลูกผสมมันสำปะหลังที่ทนทานต่อสภาวะขาดน้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ บันทึกความชื้นดิน อุณหภูมิดิน เปอร์เซ็นต์ความงอกและเปอร์เซ็นต์อยู่รอด ผลการทดลอง พบว่าหากปลูกมันสำปะหลังในดินที่มีความชื้นเพียงพอสามารถงอกได้ภายใน 1-2 สัปดาห์หลังปลูก เริ่มเหี่ยวในสัปดาห์ที่ 5 และเจริญเติบโตได้จนถึงสัปดาห์ที่ 7 โดยไม่ได้รับน้ำเพิ่มอีก พันธุ์กวก.ระยอง5 สามารถงอกได้เร็วที่สุด ซึ่งพันธุ์กวก.ระยอง 5 พันธุ์กวก.ระยอง15 พันธุ์กวก.ระยอง90 และพันธุ์อิทธิ 2 เป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการให้น้ำ มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดเพิ่มขึ้นภายใน 1-2 สัปดาห์ หลังจากได้รับน้ำครั้งที่ 2 พันธุ์ห้วยบง 80 พันธุ์ห้านาที และพันธุ์อิทธิ1 เป็นพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดคงที่

คำสำคัญ: การขาดน้ำ, เปอร์เซ็นต์ความงอก, เปอร์เซ็นต์อยู่รอด, มันสำปะหลัง

Abstract

Cassava can be grown in dry areas. However, water is necessary for germination and development. Cassava is commonly grown in rainfed areas, sometimes with a dry period that causes cassava cuttings to die in the early growth stage. This research studied cassava varieties' germination and survival rates that would be used as information for parent selections and drought-tolerant hybrid breeding. The experiment was conducted based on a Completely Randomized Design with three replicates. Soil moisture content, soil temperature, germination percentages, and survival percentages data were collected. The result showed cassava sprouted within 1-2 weeks in moist soil wilting in 5 weeks and developed until 7 weeks. DOA.rayong5 is the fastest to sprout and DOA.rayong5, DOA.rayong15, DOA.rayong90, and Itthi2 were increased survival percentages after 1-2 weeks of re-watering application. Huay Bong80 Hanatee and Itthi1 showed stable survival percentages.

Keywords: Cassava, Germination percentage, Survival percentage, Water Deficit

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ค่อนข้างทนแล้ง สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี ต้องการแสงแดด ความชื้นในอากาศสูงและได้รับน้ำฝนที่เพียงพอตลอดฤดูปลูก (El-Sharkawy, 2012) อย่างไรก็ตามสภาพแห้งแล้งที่ทำให้พืชเครียดในช่วงต้นของการปลูก ส่งผลให้มันสำปะหลังตายและมีผลต่ออัตราการอยู่รอด (Koundiny and Sanket, 2021) ส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพลดลง (Ahmad et al., 2020) ปณิธิ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน พบว่ามันสำปะหลังควรได้รับน้ำฝนอย่างเพียงพอในช่วง 1 เดือนแรกหลังปลูก เพื่อสร้างต้นและใบสำหรับการสังเคราะห์แสง และการสะสมน้ำหนักหัวสดจะเพิ่มขึ้นภายใน 3 เดือนแรกหลังปลูก จะเห็นได้ว่าช่วง 1–3 เดือนแรกหลังปลูก น้ำมีความสำคัญต่อการงอกและเปอร์เซ็นต์อยู่รอดของมันสำปะหลัง ซึ่งโดยทั่วไปเกษตรกรจะเริ่มปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝนประมาณเดือน เม.ย.–พ.ค. และในช่วงเดือน มิ.ย.–ก.ค. ซึ่งน้ำฝนจะมีปริมาณลดลงจากนั้นจะเพิ่มขึ้นอีกในเดือนส.ค. (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565) ช่วงที่ปริมาณน้ำฝนลดลงนั้น ส่งผลให้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนเจอกับความร้อนแล้งทำให้ท่อนพันธุ์ตาย และทำให้ความต้องการต้นมันสำปะหลังสำหรับใช้ทำท่อนพันธุ์และใช้ปลูกทดแทนท่อนพันธุ์ที่ยืนต้นตายจากปัญหาสภาพอากาศที่ร้อนและแล้งจัดเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นมันสำปะหลังสำหรับใช้ทำท่อนพันธุ์มีราคาสูงมากกว่าต้นละ 5 บาท (เดลินิวส์, 2566) สุพัตรา (2561) ได้ศึกษาปัญหาและความต้องการของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในเขตพื้นที่จังหวัดสระแก้ว พบว่า ฝนแล้งและราคาท่อนพันธุ์เป็นปัญหาสำคัญร้อยละ 100 และร้อยละ 37.5 ของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมสำหรับการปลูกควรมีความยาวตั้งแต่ 20–25 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูก 80 × 80, 80 × 100 หรือ 100 × 100 เซนติเมตร ต้องใช้จำนวนต้น 1,600–2,500 ต้นต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร (กวก.), 2563) ในการซื้อต้นพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อปลูกทดแทนต้นที่แห้งตายจากความแห้งแล้งเป็นการเพิ่มต้นทุนในการเพาะปลูกของเกษตรกร เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวต้นพันธุ์มีราคาที่เพิ่มสูงขึ้น Okogbenin et al. (2013) กล่าวว่า การเลือกพันธุ์พ่อแม่ที่มีความทนทานต่อความเครียดจากการขาดน้ำ จะทำให้มีการพัฒนาเชื้อพันธุกรรมที่ตอบสนองต่อความเครียดจากการขาดน้ำได้ วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้จึงประเมินความทนทานต่อการขาดน้ำในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 12 พันธุ์เพื่อเป็นข้อมูลในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์มันสำปะหลัง สำหรับการสร้างลูกผสมมันสำปะหลังทนทานต่อสภาวะขาดน้ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

แบบแผนการทดลอง

นำดินจากแปลงทดลองใส่ลงในถุงเพาะชำขนาด 15 นิ้ว ถุงละประมาณ 30 กิโลกรัม/ถุง รดน้ำลงในถุงเพาะชำก่อนปลูกจนดินชุ่มมีน้ำไหลจากก้นถุงเพาะชำ ปลูกมันสำปะหลังลงในถุงเพาะชำถุงละ 3 ท่อน โดยใช้ต้นมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน จากแปลงรวบรวมเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร ตัดมันสำปะหลังบริเวณกลางลำต้นเป็นท่อนความยาวท่อนละ 20 เซนติเมตร พันธุ์ละ 9 ท่อน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 3 ท่อนปลูก ประกอบด้วยมันสำปะหลัง 12 กรรมวิธี (พันธุ์) ได้แก่ (1) พันธุ์กวก.ระยอง5 (2) พันธุ์กวก.ระยอง 9 (3) พันธุ์กวก.ระยอง11 (4) พันธุ์ กวก.ระยอง15 (5) พันธุ์กวก.ระยอง90 (6) พันธุ์เกษตรศาสตร์50 (7) พันธุ์ห้วยบง80 (8) พันธุ์ห้านาที (9) พันธุ์เกษตรศาสตร์2 (10) พันธุ์พิรุณ2 (11) พันธุ์อิทธิ1 และ (12) พันธุ์อิทธิ2 จัดวางถุงเพาะชำให้มีระยะห่างระหว่างถุง 10 เซนติเมตร โดยไม่มีการให้น้ำอีก จนถึงสัปดาห์ที่ 7 หลังปลูก รดน้ำลงในถุงเพาะชำถุงละ 4 ลิตร เพื่อทำให้ดินมีความชื้นอยู่ในระดับความจุความชื้นสนาม (field capacity) ซึ่งมีค่าเทียบเท่า 18% ของ

เครื่องวัดความชื้น ดำเนินการทดลอง ณ โรงเรือนปลูกพืช ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ระหว่างวันที่ 17 กันยายน–10 ธันวาคม พ.ศ. 2567

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลทุกสัปดาห์โดยแบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่ (1) ระยะงดน้ำ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1–7 หลังปลูก ในสัปดาห์ที่ 1–4 บันทึกเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยบันทึกเมื่อมียอดมันสำปะหลังงอกจากตาข้างตาม Equation 1 และสัปดาห์ที่ 5–7 หลังปลูก บันทึกเปอร์เซ็นต์อยู่รอด โดยบันทึกจากยอดมันสำปะหลังที่ไม่แสดงอาการเหี่ยวตาม Equation 2 ในสัปดาห์ที่ 7 หลังปลูกมีการให้น้ำครั้งที่ 2 ถุงละ 4 ลิตร และ (2) ระยะหลังการให้น้ำครั้งที่ 2 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8-12 หลังปลูก บันทึกเปอร์เซ็นต์อยู่รอดหลังจากได้รับน้ำ โดยบันทึกจากยอดมันสำปะหลังที่ไม่แสดงอาการเหี่ยวหรือมีการงอกยอดใหม่ ตาม Equation 2 ดำเนินการวัดความชื้นดินและอุณหภูมิดินในถุงเพาะชำเวลา 09.00 น. ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 1 ด้วยเครื่องวัดความชื้น HH2 Moisture Meter และบันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนพันธุ์ก่อนปลูก

$$\text{Germination percentage (\%)} = (E/\ Et) \times 100 \quad (1)$$

Where; E = total of cutting that have emerged within each replication; and Et = total number of cutting within each replication.

$$\text{Survival percentage (\%)} = (S/St) \times 100 \quad (2)$$

Where; S= number of shoots not wilting; St = total shoots of experiment.

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้ R-Program version R 4.4.2 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความชื้นและอุณหภูมิของดินในช่วงสัปดาห์แรก

เมื่อเริ่มวัดความชื้นของดินในถุงเพาะชำ พบว่า ดินมีความชื้นเฉลี่ย 14% โดยลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 1.7% ภายใน 1 สัปดาห์ภายหลังจากการงดให้น้ำ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันทุกพันธุ์ (Fig.1A) เนื่องจากท่อนพันธุ์มีการใช้ความชื้นจากดินเพื่อการงอก สอดคล้องกับ กฤษดา และคณะ (2551) รายงานว่า ความชื้นดินของต้นยางพาราที่งดให้น้ำลดลงอย่างรวดเร็วจาก 24% โดยปริมาตรเหลือ 10% โดยปริมาตรในวันที่ 6 ในขณะที่อุณหภูมิดินของทุกพันธุ์มีความใกล้เคียงกันในแต่ละวัน โดยในวันที่ 2 หลังปลูก มีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.6ºC สูงกว่าวันอื่น และในวันที่ 7 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.1ºC ต่ำกว่าวันอื่น (Fig.1B) ซึ่ง Keating and Evenson (1979) รายงานว่า อุณหภูมิต่ำสุดสำหรับการงอกของยอดอ่อนและยืดตัวของยอดมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 12–17ºC และอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 36–40ºC

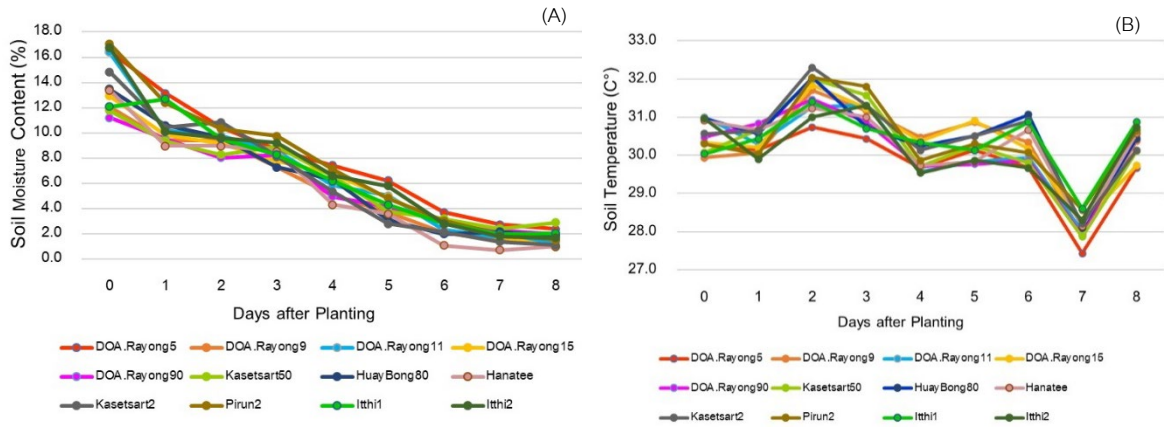


Fig.1 Soil moisture content (%) (A) and soil temperature (ºC) (B) during 0–8 days after planting

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนพันธุ์และเปอร์เซ็นต์ความงอก

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนพันธุ์ก่อนปลูกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ พันธุ์เกษตรศาสตร์2 มีขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนพันธุ์สูงสุด 2.7 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ พันธุ์กวก.ระยอง5 และพันธุ์อิทธิ1 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนพันธุ์ 2.3 และ 2.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์พิรุณ2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนพันธุ์ต่ำสุด 1.9 เซนติเมตร แสดงดัง Table1 หลังจากปลูกมันสำปะหลังในถุงเพาะชำและงดการให้น้ำในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพันธุ์กวก.ระยอง5 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด 44.3% ในขณะที่พันธุ์อื่นมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 33.0% และพันธุ์เกษตรศาสตร์50 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำสุดเท่ากับ 0.0% เปอร์เซ็นต์ความงอกที่ 2 สัปดาห์หลังปลูก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทุกพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์แรก โดยพันธุ์ห้วยบง80 พันธุ์ห้านาที พันธุ์เกษตรศาสตร์2 พันธุ์พิรุณ2 และพันธุ์อิทธิ1 มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 100% ในขณะที่พันธุ์กวก.ระยอง5 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำสุด 55.7% สัปดาห์ที่ 3 และสัปดาห์ที่ 4 หลังปลูก พบว่า ทุกพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์แรกและสัปดาห์ที่ 2 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 100% ทุกพันธุ์ แสดงดัง Table1 จากผลการทดลอง จะเห็นว่า มันสำปะหลังสามารถเริ่มงอกได้ภายใน 1 สัปดาห์หลังปลูก มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 100% ภายในสัปดาห์ที่ 3 หลังปลูก โดยใช้ความชื้นจากดินและไม่ได้รับน้ำเพิ่มเติมอีก ซึ่งพันธุ์กวก.ระยอง5 สามารถงอกได้เร็วที่สุดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดในสัปดาห์ที่ 1 ในพื้นที่ปลูกที่มีฝนทิ้งช่วงการปลูกมันสำปะหลังในดินที่มีความชื้นเพียงพอและเลือกใช้พันธุ์มันสำปะหลังที่สามารถงอกได้รวดเร็วจะสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกและลดการสูญเสียท่อนพันธุ์ที่ยืนต้นตายจากความร้อนแล้งได้ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความงอกหลังจากปลูก 1 เดือน เป็นข้อมูลที่แสดงถึงความแข็งแรงของท่อนพันธุ์ (กวก., 2562)

เปอร์เซ็นต์อยู่รอดในช่วงงดน้ำและหลังได้รับน้ำครั้งที่ 2

หลังจากงดการให้น้ำจนถึงสัปดาห์ที่ 5–7 พบว่า มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในสัปดาห์ที่ 5 พันธุ์กวก.ระยอง9 และพันธุ์เกษตรศาสตร์2 เริ่มแสดงอาการยอดเหี่ยวมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอด 78.0% และ 67.0% ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์อื่นๆ ยังไม่แสดงอาการเหี่ยวมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอด 100% ทุกพันธุ์ สัปดาห์ที่ 6 มันสำปะหลังแสดงอาการเหี่ยวเพิ่มมากขึ้นเป็น 5 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดลดลง ได้แก่ พันธุ์กวก.ระยอง9 67.0% พันธุ์กวก.ระยอง15 89.0% พันธุ์เกษตรศาสตร์2 67.0% พันธุ์พิรุณ2 78.0% และพันธุ์อิทธิ2 67.0% โดยมันสำปะหลังแสดงอาการใบล่างเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ใบม้วนห่อและเริ่มมีการหลุดร่วงของใบด้านล่าง ในสัปดาห์ที่ 7 พันธุ์ห้านาทีและพันธุ์อิทธิ1 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดสูงสุด 100.0% และเท่ากับในสัปดาห์ที่ 5–6 รองลงมา ได้แก่ พันธุ์กวก.ระยอง11 ที่มี

เปอร์เซ็นต์อยู่รอด 78.0% โดยมันสำปะหลังแสดงอาการใบล่างเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองมากขึ้น ไปจนถึงใบบริเวณกลางลำต้น ใบม้วนห่อ มีการหลุดร่วงของใบด้านล่างเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีการเหี่ยวในส่วนยอดด้านบนร่วมด้วย และในสัปดาห์ที่ 7 มันสำปะหลังในการทดลองมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดเฉลี่ย 50% ได้มีการรดน้ำเพิ่มลงในกระถางๆ ละ 4 ลิตร เพื่อบันทึกเปอร์เซ็นต์อยู่รอดของมันสำปะหลัง หลังจากได้รับน้ำครั้งที่ 2 แสดงดัง Table 2 และ Fig.2

Table 1 Cutting diameter and Germination percentage (water stress period)

Variety	Cutting diameter (cm)	1week	2week	3week	4week
DOA.Rayong5	2.3^{b}	44.3^{a}	55.7^{b}	100.0	100.0
DOA.Rayong9	2.1^{bc}	33.0^{b}	89.0^{a}	100.0	100.0
DOA.Rayong11	2.2^{bc}	33.0^{b}	78.0^{ab}	100.0	100.0
DOA.Rayong15	2.1^{cd}	33.0^{b}	89.0^{a}	100.0	100.0
DOA.Rayong90	2.1^{cd}	33.0^{b}	89.0^{a}	100.0	100.0
Kasetsart50	2.2^{bc}	0.0^{c}	89.0^{a}	100.0	100.0
HuayBong80	2.0^{cd}	33.0^{b}	100.0^{a}	100.0	100.0
Hanatee	2.0^{cd}	33.0^{b}	100.0^{a}	100.0	100.0
Kasetsart2	2.7^{a}	33.0^{b}	100.0^{a}	100.0	100.0
Pirun2	1.9^{d}	33.0^{b}	100.0^{a}	100.0	100.0
Itthi1	2.3^{b}	33.0^{b}	100.0^{a}	100.0	100.0
Itthi2	2.1^{bc}	33.0^{b}	89.0^{a}	100.0	100.0
F-test	**	**	*	-	-
CV (%)	5.6	19.0	16.3	-	-

ns = not significantly different, *significantly different at $p \leq 0.05$

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 95% by DMRT

เมื่อมีการให้น้ำครั้งที่ 2 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8–12 หลังปลูก เปอร์เซ็นต์อยู่รอดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สัปดาห์ที่ 8 หลังปลูก พันธุ์อิทธิ1 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดสูงสุด 100.0% เท่ากับเปอร์เซ็นต์อยู่รอดในสัปดาห์ที่ 5–7 พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 7 ได้แก่ พันธุ์กวก.ระยอง5 พันธุ์กวก.ระยอง15 และพันธุ์กวก.ระยอง90 แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ตอบสนองต่อการได้รับน้ำครั้งที่ 2 ภายใน 1 สัปดาห์ โดยยอดแสดงอาการเหี่ยวลดลงหรือมีการงอกยอดใหม่ขึ้นได้ พันธุ์ห้วยบง80 และพันธุ์เกษตรศาสตร์50 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอด 67.0% เท่ากับเปอร์เซ็นต์อยู่รอดในสัปดาห์ที่ 7 ในขณะที่พันธุ์กวก.ระยอง9 พันธุ์กวก.ระยอง11 พันธุ์ห้านาที พันธุ์เกษตรศาสตร์2 และพันธุ์อิทธิ2 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดลดลงเป็นพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อการได้รับน้ำครั้งที่ 2 ภายใน 1 สัปดาห์ ในสัปดาห์ที่ 10 เปอร์เซ็นต์อยู่รอดของทุกพันธุ์มีแนวโน้มลดลง มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดสูงสุดเท่ากับ 67.0% โดยพันธุ์ห้วยบง80 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอด 67.0% เท่ากับสัปดาห์ที่ 7–8 พันธุ์กวก.ระยอง5 และพันธุ์อิทธิ1 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอด 67.0% เช่นกัน ในขณะที่พันธุ์ห้านาทีมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดต่ำสุด 0.0% ในสัปดาห์ที่ 12 เปอร์เซ็นต์อยู่รอดสูงสุด เท่ากับ 67.0% ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง80 พันธุ์อิทธิ1 และพันธุ์อิทธิ2 ในขณะที่พันธุ์ห้านาทีมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดต่ำสุด 0.0% เปอร์เซ็นต์อยู่รอดของทุกพันธุ์ลดลงจากสัปดาห์ที่ 10 ในขณะที่พันธุ์อิทธิ2 มี

เปอร์เซ็นต์อยู่รอดเพิ่มขึ้นจาก 33.0% ในสัปดาห์ที่10 เป็น 67.0 % ในสัปดาห์ที่12 พันธุ์อิทธิ2 สามารถตอบสนองต่อการได้รับน้ำครั้งที่ 2 ภายใน 2 สัปดาห์และตอบสนองได้ช้ากว่าพันธุ์กวก.ระยอง5 พันธุ์กวก.ระยอง15 และพันธุ์กวก.ระยอง90 ที่มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับน้ำ 1 สัปดาห์ และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์อยู่รอดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5–12 หลังปลูก เปอร์เซ็นต์อยู่รอดของทุกพันธุ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนสัปดาห์ของการขาดน้ำเพิ่มขึ้น โดยพันธุ์กวก.ระยอง5 พันธุ์กวก.ระยอง15 พันธุ์กวก.ระยอง90 และพันธุ์อิทธิ2 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดเพิ่มสูงขึ้นภายใน 1-2 สัปดาห์ หลังจากได้รับน้ำครั้งที่ 2 ทั้ง 4 พันธุ์เป็นพันธุ์ที่สามารถตอบสนองได้เมื่อได้รับน้ำหลังจากอยู่ในสภาวะขาดน้ำ 7 สัปดาห์ ในขณะที่พันธุ์ห้วยบง80 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดคงที่ 67.0% ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 7–12 หลังปลูก พันธุ์ห้านาทีมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5–7 หลังปลูก และพันธุ์อิทธิ1 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5–8 หลังปลูก แสดงดัง Table 2 และ Fig.2 ซึ่งเปอร์เซ็นต์อยู่รอดหลังจากปลูก 3 เดือน เป็นข้อมูลที่แสดงถึงความแข็งแรงของท่อนพันธุ์ (กวก., 2562)

Table 2 Survival percentage during 5-12 weeks of 12 cassava varieties.

Variety	water stress period			after re-watering		
	5week	6week	7week	8week	10week	12week
DOA.Rayong5	100.0^{a}	100.0^{a}	67.0^{b}	89.0^{ab}	67.0^{a}	33.0^{b}
DOA.Rayong9	78.0^{b}	67.0^{c}	67.0^{b}	44.3^{d}	11.0^{c}	0.0^{c}
DOA.Rayong11	100.0^{a}	100.0^{a}	78.0^{b}	67.0^{bcd}	33.0^{b}	33.0^{b}
DOA.Rayong15	100.0^{a}	89.0^{ab}	67.0^{b}	78.0^{abc}	33.0^{b}	33.0^{b}
DOA.Rayong90	100.0^{a}	100.0^{a}	67.0^{b}	78.0^{abc}	33.0^{b}	44.3^{b}
Kasetsart50	100.0^{a}	100.0^{a}	67.0^{b}	67.0^{bcd}	33.0^{b}	33.0^{b}
HuayBong80	100.0^{a}	100.0^{a}	67.0^{b}	67.0^{bcd}	67.0^{a}	67.0^{a}
Hanatee	100.0^{a}	100.0^{a}	100.0^{a}	67.0^{bcd}	0.0^{c}	0.0^{c}
Kasetsart2	67.0^{b}	67.0^{c}	67.0^{b}	44.3^{d}	33.0^{b}	33.0^{b}
Pirun2	100.0^{a}	78.0^{bc}	67.0^{b}	67.0^{bcd}	33.0^{b}	33.0^{b}
Itthi1	100.0^{a}	100.0^{a}	100.0^{a}	100.0^{a}	67.0^{a}	67.0^{a}
Itthi2	100.0^{a}	67.0^{c}	67.0^{b}	55.7^{cd}	33.0^{b}	67.0^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	5.8	9.3	8.3	20.3	17.4	18.4

*significantly different at $p \leq 0.05$

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 95% by DMRT



Fig.2 Survival plant at 7 weeks after planting: DOA.rayong5 (A), DOA.rayong9 (B), DOA.rayong15 (C), DOA.rayong11 (D), DOA.rayong90 (E), Kasetsart50 (F), Hauybong80 (G), Hanatee (H), Kasetsart2 (I), Pirun2 (J), Itthi1 (K), Itthi2 (L)

สรุป

มันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์สามารถงอกได้ภายใน 1–2 สัปดาห์หลังปลูก หากปลูกในดินที่มีความชื้นเพียงพอและสามารถเจริญเติบโตต่อได้แม้ไม่ได้รับน้ำเพิ่มเติม โดยเริ่มแสดงอาการยอดเหี่ยวในสัปดาห์ที่ 5 และเหี่ยวมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 6–7 โดยมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดลดลงเมื่อจำนวนสัปดาห์ของการงดน้ำเพิ่มขึ้น และในสัปดาห์ที่ 7 หากมันสำปะหลังได้รับน้ำครั้งที่ 2 จะส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดเพิ่มสูงขึ้นได้ โดยพันธุ์กวก.ระยอง5 สามารถงอกได้เร็วที่สุด ซึ่งพันธุ์กวก.ระยอง5 พันธุ์กวก.ระยอง15 และพันธุ์กวก.ระยอง90 เป็นพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดเพิ่มขึ้นภายใน 1 สัปดาห์หลังจากได้รับน้ำครั้งที่ 2 พันธุ์อิทธิ2 มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดเพิ่มขึ้นภายใน 2 สัปดาห์ หลังจากได้รับน้ำครั้งที่ 2 ในขณะที่พันธุ์ห้วยบง80 พันธุ์ห้านาที และพันธุ์อิทธิ1 เป็นพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดคงที่ สามารถใช้มันสำปะหลังทั้ง 12 พันธุ์เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับสร้างลูกผสมมันสำปะหลังทนทานต่อสภาวะขาดน้ำต่อไป ซึ่งแต่ละพันธุ์มีความทนทานต่อการขาดน้ำในท่อนพันธุ์แตกต่างกัน และสามารถใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกที่มีฝนทิ้งช่วง แต่อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอบในระดับแปลงทดลองอีกครั้งเพื่อยืนยันความทนทานต่อสภาวะขาดน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2562. คู่มือการบันทึกข้อมูลงานวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืช ทดแทนพลังงาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2563. เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2565. ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและปริมาณฝน 30 ปี ค่ามาตรฐาน 30 ปี (1981–2010). https://www.tmd.go.th/weather/province/last30years-1981-2010/nakhon-ratchasima/20/431201. 7 ธันวาคม 2567.

กฤษดา สังข์สิงห์, มนต์สรวง เรืองขนาบ, พิเชษฐ ไชยพานิชย์. 2551. ผลของการขาดน้ำต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นยางพาราอายุ 3 เดือน. วารสารวิชาการเกษตร 26: 210–222.

เดลินิวส์ออนไลน์. 2566. 'ต้นมันสำปะหลัง' ราคาพุ่งเป็นประวัติการณ์ ทะยานสู่ต้นละ 5 บาทแล้ว!. https://www.dailynews.co.th/news/2384130/, 4 ธันวาคม 2567.

ปณิธิ ยองประยูร, ภัศจี คงศีล, ณัฐธิดา พุ่มมี, ปัทมา ทองพิทักษ์. 2558. การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในพื้นที่แล้งในจังหวัดกาญจนบุรี. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 523–530.

สุพัตรา แสงสี. 2561. ปัญหาและความต้องการของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในเขตพื้นที่จังหวัดสระแก้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Ahmad, A., Sija, P., Melati, R. 2019. The Evaluation of Gorontalo Local Upland Rice Against Drought Stress During Germination Phase. In: 5th International Conference on Food, Agriculture and Natural Resources. Ternate. Indonesia, pp. 53–58.

El-Sharkawy, M.A. 2007. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. Braz.J. Plant Physiol.19:257–286.

Keating, B.A., Evenson, J.P. 1979. Effect of soil temperature on sprouting and sprout elongation of stem cuttings of cassava (*Manihot esculenta* crantz.). Field Crops Research 2: 241–251. doi.org/10.1016/0378-4290(79)90026-1

Koundinya, A.V.V., Sanket, J.M. 2021. Breeding for Drought Tolerance in Cassava. In: Sanket J.M., Namrata, A.G., Suresh, J.K., Visalakshi, C.C., Sirisha, T. (Eds.). Recent Advacnes in Root and Tuber Crops. Brillion Publishing. New Delhi, pp. 51–64.

Okogbenin, E., Setter, T.L., Ferguson, M., Mutegi, R., Ceballos, H., Olasanmi, B., Fregene, M., 2013. Phenotypic approaches to drought in cassava: review. Front. Physiol. 93: 1–15. doi: 10.3389/fphys.2013.00093

โรคฝักเน่าของโกโก้ที่เกิดจากเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* และการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคโดยใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์

Cocoa pod rot caused by *Lasiodiplodia theobromae* and controlling using antagonistic bacteria

กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง*, **บุญญวดี จิระวุฒิ, โกเมศ สัตยาวุฒิ, สุกัญญา นิติยนต์, ณัฐกานต์ สาตราภัย**

Kanyalak Sanosomneng*, Boonyawadee Chirawut, Komate Satayawut, Sukanya Nitiyon, Nutthakan Sattrapai

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

เชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* มักเข้าทำลายฝักของโกโก้ในช่วงรวบรวมผลผลิตก่อนเข้าสู่กระบวนการหมัก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* สาเหตุโรคฝักเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของโกโก้ด้วยวิธี co-culture plate พบว่าแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อราได้ดีที่สุด โดยเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus amyloliquefaciens* ไอโซเลท PN10 ยับยั้งได้ 64.29% แบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท DL9 และ *B. siamensis* ไอโซเลท DL7 ยับยั้งได้ 53.57% และ 45.00% ตามลำดับ ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา โดยพบว่าประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่เลี้ยงเขย่าเป็นเวลา 72 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้ดีที่สุด โดยยับยั้งได้มากกว่า 90% ทุกไอโซเลท

คำสำคัญ: โกโก้, บาซิลลัส, แบคทีเรีย, โรคฝักเน่า, ลาสิโอดิพโพลเดีย

Abstract

The fungus *Lasiodiplodia theobromae* commonly infects cocoa pods during the harvesting period before entering the fermentation process. This study aimed to evaluate the effectiveness of antagonistic bacteria in inhibiting *L. theobromae*, the causal agent of post-harvest pod rot in cocoa, using the co-culture plate method. It was found that antagonistic bacteria cultured on PDA medium for 72 hours were most effective in inhibiting fungal mycelial growth. The antagonistic bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* isolate PN10 showed the highest inhibition rate at 64.29%, followed by *B. amyloliquefaciens* isolate DL9 and *B. siamensis* isolate DL7, which inhibited fungal growth by 53.57% and 45.00%, respectively. These results were consistent with the inhibition of fungal spore germination, where antagonistic bacteria cultured under shaking conditions for 72 hours showed the highest efficacy, inhibiting fungal spore germination by more than 90% of all isolates.

Keywords: *Bacillus*, Bacteria, Cocoa, *Lasiodiplodia*, Pod rot

คำนำ

โกโก้ (*Theobroma cacao* L.) เป็นพืชสำคัญชนิดหนึ่งในสกุล *Theobroma* เนื่องจากมีการปลูกมากในเชิงการค้า พบปลูกมากในเขตร้อนชื้น ทำให้ผลผลิตได้รับผลกระทบจากโรคหลายชนิด หนึ่งในนั้นคือโรคฝักเน่าที่ทำให้มูลค่าทางการตลาดของเมล็ดโกโก้ลดลง (กรมวิชาการเกษตร, 2564) เชื้อรา *L. theobromae* (Pat.) Griffon and Maublanc ถูกรายงานว่าเป็นเชื้อสาเหตุโรคฝักเน่าและโรคยืนต้นตายของโกโก้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1909 เป็นเชื้อราที่จัดอยู่ใน Phylum Ascomycota, Class Dothideomycetes, Order Botryosphaeriales (Griffon and Maublanc, 1909) และยังคงมีรายงานเป็นเชื้อราสาเหตุโรคสำคัญของโกโก้ในหลายพื้นที่อย่างต่อเนื่อง (Mbenoun et al., 2008; Castillo et al., 2016; Alvindia and Gallema, 2017) การศึกษาของ Fessehatzion and Olutiola (1987) พบว่าเชื้อรา *Botryodiplodia theobromae* (syn. *L. theobromae*) สร้างเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนและน้ำตาลในเมล็ดโกโก้เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับการเจริญเติบโต ด้วยเหตุนี้จึงอาจเป็นสาเหตุให้เมล็ดโกโก้มีคุณภาพลดลง อาการโรคโดยทั่วไปมักคล้ายคลึงกับอาการของโรคที่เกิดจากเชื้อสาเหตุอื่น ได้แก่ โรคฝักเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Neofusicoccum parvum* (Puig et al., 2021) ซึ่งในประเทศไทยยังมีการศึกษาเชื้อราสาเหตุโรคฝักเน่าของโกโก้หลังการเก็บเกี่ยวไม่มากนัก

การควบคุมโรคโดยการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่ไม่ถูกต้องอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค เป็นสาเหตุให้สารพิษตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ปัจจุบันมีวิธีการทางเลือกที่ช่วยลดการใช้สารเคมีมีความปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค การใช้จุลินทรีย์ที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติซึ่งมีความเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช เป็นอีกหนึ่งวิธีการทางเลือกที่นิยมนำมาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืชในปัจจุบัน โดยเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Baciilus* จัดเป็นหนึ่งในเชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมนำมาใช้ควบคุมสาเหตุโรคพืช เนื่องจากเจริญเติบโตได้เร็วภายในเวลา 24–48 ชั่วโมง และสามารถสร้างเอนโดสปอร์ที่ช่วยให้ทนต่อสภาพแวดล้อม รวมถึงมีกลไกการออกฤทธิ์ที่สำคัญ ได้แก่ การสร้างสารปฏิชีวนะ การเป็นปรสิตกับเชื้อราสาเหตุโรค และการกระตุ้นกลไกความต้านทานในพืช (Jacobsen et al., 2004) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคฝักเน่าของโกโก้และทดสอบการก่อโรคของเชื้อราที่พบ รวมถึงศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคฝักเน่าของโกโก้

อุปกรณ์และวิธีการ

แยกเชื้อราสาเหตุโรคฝักเน่าของโกโก้

แยกเชื้อราจากตัวอย่างโกโก้ที่แสดงอาการฝักเน่าจากจังหวัดกำแพงเพชร อุทัยธานี และนครศรีธรรมราช จำนวน 23 ตัวอย่าง ด้วยวิธี Tissue transplanting วางชิ้นตัวอย่างลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อรา Potato dextrose agar (PDA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25–30°C) จนเส้นใยของเชื้อราเจริญออกมาจากชิ้นตัวอย่าง ตัดปลายเส้นใยของเชื้อราที่เจริญออกมาจากชิ้นตัวอย่างไปเลี้ยงในจานอาหาร PDA ใหม่ ทดสอบการก่อโรคบนฝักโกโก้ และศึกษาลักษณะทางสัญฐานวิทยาของเชื้อรา

ทดสอบความสามารถของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา

เขี่ยโคโลนีเดี่ยวของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. siamensis* ไอโซเลท DL7, *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท DL9 และ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PN10 ที่ได้จากการศึกษาของ บุญญวดี และคณะ (2560) มาขีดเป็นเส้นตรงหนึ่งครั้ง บนอาหาร PDA โดยห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 เซนติเมตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25–30°C) เป็นเวลา 1, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง จากนั้นวางเส้นใยของเชื้อรา *L. theobromae* ไอโซเลท CNT8.23 อายุ 48 ชั่วโมง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5

เซนติเมตร ตรงข้ามรอยขีดของแบคทีเรียปฏิปักษ์โดยห่างจากขอบของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 เซนติเมตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25–30°C) เป็นเวลา 3 วัน วัดรัศมีการเจริญของเชื้อราในชุดทดสอบที่เจริญร่วมกับแบคทีเรียปฏิปักษ์เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีแบคทีเรียปฏิปักษ์ คำนวณการยับยั้งการเจริญของเชื้อราตามวิธีการของ Rahman et al. (2009)

ทดสอบความสามารถของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา

เตรียม cell suspension จากแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่เลี้ยงบนอาหารแข็ง Nutrient agar (NA) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปรับความเข้มข้นให้มีปริมาณเซลล์เท่ากับ 10^8 cfu/ml เติม cell suspension ของแบคทีเรียปฏิปักษ์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหาร Tryptic soy broth (TSB) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เลี้ยงเขย่าเป็นเวลา 1, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง นำแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่เลี้ยงในอาหารเหลวช่วงเวลาต่าง ๆ ปริมาตร 500 µl มาผสมกับ spore suspension ของเชื้อรา 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาตร 500 µl บ่มไว้เป็นเวลา 10 นาที แล้วหยดลงบนอาหาร PDA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง ตัดชิ้นวุ้นบริเวณที่หยดเชื้อราไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และตรวจนับจำนวนสปอร์ที่งอกและไม่งอก โดยจะถือว่าสปอร์งอกเมื่อความยาว germ tube ยาวมากกว่าครึ่งหนึ่งของความกว้างสปอร์ (Gottleib, 1978) นับจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 300 สปอร์ คำนวณการยับยั้งการงอกของสปอร์ตามสูตร [การยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา (%) = (สปอร์ที่งอกในชุดควบคุม (%) - สปอร์ที่งอกในชุดทดสอบ (%) / สปอร์ที่งอกในชุดควบคุม (%) × 100]

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ของข้อมูลในแต่ละกรรมวิธี และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี (Duncan's Multiple Range Test, DMRT) ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เชื้อราสาเหตุโรคฝักเน่าของโกโก้

เชื้อราที่แยกได้จากตัวอย่างโกโก้ฝักเน่ามีจำนวน 25 ไอโซเลท เมื่อทดสอบความสามารถในการก่อโรคบนฝักโกโก้ พบว่าเชื้อรา *L. theobromae* ไอโซเลท CNT8.23 ที่แยกได้จากตัวอย่างโกโก้ฝักเน่าจากจังหวัดนครศรีธรรมราชสามารถก่อโรคได้รุนแรงที่สุด โดยปรากฏอาการปรากฏเนื้อเยื่อช้ำเป็นสีน้ำตาล เมื่อโรครุนแรงฝักโกโก้จะเป็นสีเทาทั้งฝัก โคโลนีของเชื้อราที่อายุมากมีสีเทา conidia ของเชื้อราที่ยังอ่อน เซลล์มีลักษณะใสไม่มีสี มีรูปร่างค่อนข้างรี ปลายด้านหนึ่งกลมมน อีกด้านหนึ่งสอบคล้ายกรวย เมื่อ conidia อายุมากขึ้นสีของ conidia จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม และสร้างผนังกั้นตรงกลาง ทำให้ conidia มี 2 เซลล์ ดังแสดงใน Fig 1. เชื้อราสาเหตุโรคที่พบในโกโก้สอดคล้องกับการรายงานในหลายประเทศ ได้แก่ แคเมอรูน อินเดีย ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย และ เปอร์โตริโก (Mbenoun et al., 2008; Kannan et al., 2010; Alvindia and Gallema, 2017; Huda-Shakirah et al., 2022; Puig, 2023) ที่ระบุว่าเชื้อรา *L. theobromae* คือเชื้อราสาเหตุโรคฝักเน่าของโกโก้

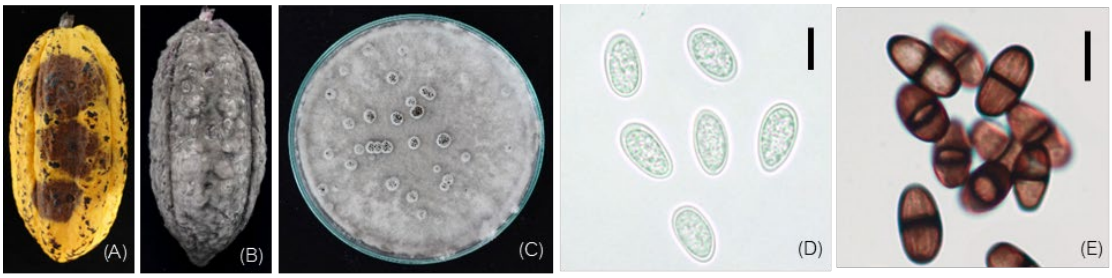


Fig. 1 Morphological characteristics of *L. theobromae* isolate CNT8.23 obtained from rot pods of *Theobroma cacao*. Disease symptoms on a pod 2 days after inoculation (A). The inoculated pod completely covered by the fungal mycelia 7 days after inoculation present of black conidiomata (white circle) (B). Colony appearance at 7 days old culture (C) Immature conidia (D) Mature conidia (E) Scale bars (D–E) = 20 μm

ความสามารถของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา

แบคทีเรียปฏิปักษ์ DL7, DL9 และ PN10 เมื่อเลี้ยงครบ 1, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *L. theobromae* ไอโซเลท CNT8.23 แตกต่างกัน โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ PN10 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด ยับยั้งได้ 43.57%, 52.14%, 59.29% และ 64.29% ตามลำดับ รองลงมาคือแบคทีเรียปฏิปักษ์ DL9 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 42.14%, 46.13%, 51.07% และ 53.57% ตามลำดับ และแบคทีเรียปฏิปักษ์ DL7 สามารถยับยั้งเชื้อราได้น้อยที่สุด โดยยับยั้งได้ 39.11%, 39.64%, 42.14% และ 45.00% ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงแบคทีเรียปฏิปักษ์เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 ไอโซเลทสามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าเมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 1, 24 และ 48 ชั่วโมง (Table 1) เมื่อวัดบริเวณยับยั้งที่เส้นใยของเชื้อราไม่สามารถเจริญได้ พบว่าแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 ไอโซเลท มีบริเวณยับยั้งน้อยที่สุดเมื่อขีดลงบนอาหารเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนวางเส้นใยของเชื้อรา และมีบริเวณยับยั้งมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป วัดบริเวณยับยั้งได้กว้างที่สุดที่เวลา 72 ชั่วโมง โดยที่แบคทีเรียปฏิปักษ์ PN10 วัดบริเวณยับยั้งได้ 2.5 เซนติเมตร รองลงมาคือแบคทีเรียปฏิปักษ์ DL9 และแบคทีเรียปฏิปักษ์ DL7 วัดบริเวณยับยั้งได้ 1.75 และ 1.15 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงใน Fig. 2 เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์มีมีกลไกการออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ การสร้างสารปฏิชีวนะ (Jacobsen et al., 2004) เมื่อเลี้ยงลงบนอาหารก่อนเชื้อราจึงมีโอกาสเพิ่มจำนวนและผลิตสารปฏิชีวนะและสารต้านเชื้อราได้มากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bernat et al. (2016) ที่รายงานว่าแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* สามารถผลิตสาร lipopeptide ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเลี้ยงแบคทีเรียปฏิปักษ์ไว้เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และมีหลายงานวิจัยยืนยันว่าเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อจุลินทรีย์โดยผลิตสารในกลุ่ม lipopeptide หลายชนิด เช่น Serfactin, Iturin และ fengycin รวมถึงผลิตสารประกอบ Non-peptide เช่น Polyketides, Aminosugars และ Phospholipids และสารปฏิชีวนะ เช่น Amylocyclicin, Bacillisin และ Difficidin ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Bernat et al., 2016; Adeniji et al., 2019; Saucedo-Bazalar et al., 2023) ผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Saucedo-Bazalar et al. (2023) ที่พบว่าแบคทีเรีย *B. velezensis* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคในลำต้นขององุ่น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Chukeatirote et al. (2023) ที่รายงานว่าเมื่อใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. amyloliquefaciens* และ *B. velezensis* ในช่วงก่อนหรือพร้อมกันกับที่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา ช่วยลดความรุนแรงของโรคขั้วผลเน่าของกล้วยที่เกิดจากเชื้อรา *L. theobromae* ได้ดีกว่าเมื่อใช้หลังจากที่เชื้อราเข้าทำลายแล้ว และการศึกษาของ Calvo et al. (2019) ที่พบว่าแบคทีเรีย

B. amyloliquefaciens มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Monilinia* sp. และ *Penicillium expansum* ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้หลายชนิด

Table 1 Mycelial growth inhibition of *L. theobromae* isolate CNT8.23 by *B. siamensis* isolate DL7, *B. amyloliquefaciens* isolate DL9 and *B. amyloliquefaciens* isolate PN10 incubated for 1, 24, 48 and 72 hr on co-culture plates

Antagonistic bacteria	Mycelial growth inhibition (%)				Inhibition zone (cm)			
	1 h	24 h	48 h	72 h	1 h	24 h	48 h	72 h
B. siamensis DL7	39.11^{b}	39.64^{c}	42.14^{c}	45.00^{c}	0.73^{b}	0.78^{c}	0.95^{c}	1.15^{c}
B. amyloliquefaciens DL9	42.14^{a}	46.43^{b}	51.07^{b}	53.57^{b}	0.95^{a}	1.25^{b}	1.58^{b}	1.75^{b}
B. amyloliquefaciens PN10	43.57^{a}	52.14^{a}	59.29^{a}	64.29^{a}	1.05^{a}	1.65^{a}	2.15^{a}	2.50^{a}
CV (%)	6.13	13.29	14.79	15.55	19.6	35.0	33.8	32.8

$^{a–c}$ Different superscript letters within each column are significantly different by DMRT (p<0.05)

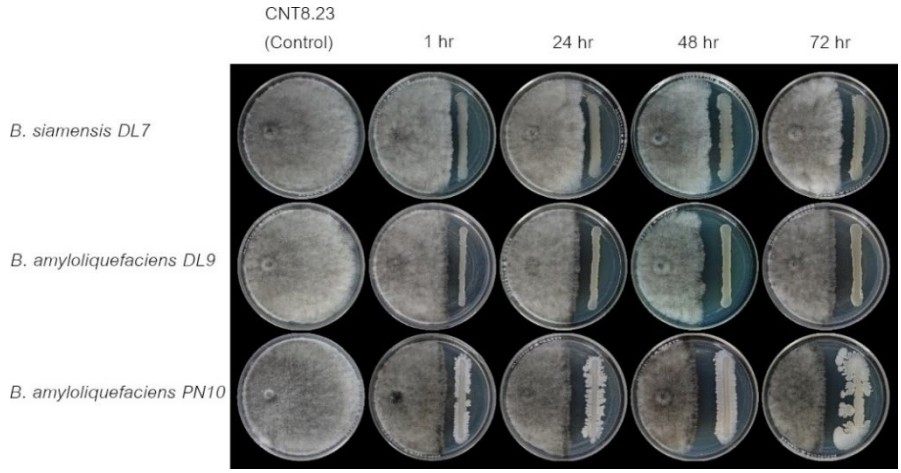


Fig. 2 Antagonistic effects of *B. siamensis* isolate DL7, *B. amyloliquefaciens* isolate isolate DL9 and *B. amyloliquefaciens* isolate PN10 at 1, 24, 48 and 72 h old culture on the growth of *L. theobromae* isolate CNT8.23 for 3 days

ความสามารถของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา

จำนวนเซลล์ของแบคทีปฏิปักษ์ เมื่อเลี้ยงเขย่าเป็นเวลา 1, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีจำนวนเซลล์แบคทีเรียปฏิปักษ์สูงสุดเมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนเซลล์ได้ 10^{8} cfu/มิลลิลิตร ซึ่งมีจำนวนคงที่และลดลงในช่วง 48 และ 72 ชั่วโมง ขณะที่เซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียปฏิปักษ์สามารถยับยั้งการงอกสปอร์เชื้อรา ได้ตั้งแต่เลี้ยงเขย่าที่ 1 ชั่วโมง โดยที่แบคทีเรียปฏิปักษ์ PN10 สามารถยับยั้งการงอกได้ดีที่สุด 11.27% รองลงมาคือแบคทีปฏิปักษ์ DL9 ยับยั้งได้ 7.57% และแบคทีปฏิปักษ์ DL7 ยับยั้งได้ 3.74% ตามลำดับ เมื่อแบคทีเรียปฏิปักษ์อายุมากขึ้นประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราก็สูงขึ้นเช่นกัน โดยที่เวลา 48 และ 72 ชั่วโมง จำนวนเซลล์ของแบคทีเรียปฏิปักษ์เริ่มมีจำนวนลดลง แต่ยังคงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา โดยสามารถยับยั้งได้มากกว่า 90% (Table 2) เนื่องจากในช่วงเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง แบคทีเรียปฏิปักษ์เจริญเข้าสู่ระยะ stationary phase เป็นช่วงเวลาที่แบคทีเรียปฏิปักษ์หยุดเพิ่มปริมาณและเซลล์แบคทีเรียปฏิปักษ์บางส่วนได้ตายไปเนื่องจากมีอาหารจำกัด และมีการสะสมสารที่มี

ความเป็นพิษปริมาณมาก (Nyström, 2004; Jaishankar and Srivastava, 2017) เมื่อตรวจสอบลักษณะ germ tube ของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า germ tube ของเชื้อรามีลักษณะบวมพองอย่างเห็นได้ชัดเมื่อทดสอบกับแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่อายุ 24 ชั่วโมง และมีขนาดของ germ tube ลดลงเมื่อทดสอบกับแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่อายุ 48 และ 72 ชั่วโมง (Fig. 3) ลักษณะผิดปกติของสปอร์เชื้อรา *L. theobromae* ไอโซเลท CNT8.23 จากการศึกษาในครั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ เอมลิน และคณะ (2562) และ ชิษณุพงศ์ และคณะ (2566) ที่รายงานลักษณะการงอกของสปอร์ที่ผิดปกติของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. สาเหตุโรคผลเน่าของลำไย และโรค dieback ของสตรอเบอรี่ เนื่องจากถูกยับยั้งโดยเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้อาจมีสาเหตุอันเนื่องมาจากแบคทีเรียปฏิปักษ์สร้างสาร Lipopeptide และสารปฏิชีวนะที่ทำให้เกิดรูรั่วที่เซลล์เมมเบรน ส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของกรดนิวคลีอิคและโปรตีน ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการตายของเซลล์ (Deleu et al., 2008; Jiang et al., 2016)

Table 2 Inhibition of *L. theobromae* isolate CNT8.23 spore germination after inoculation of bacterial cell suspension of *B. siamensis* isolate DL7, *B. amyloliquefaciens* isolate DL9 and *B. amyloliquefaciens* isolate PN10 aged 1, 24, 48 and 72 hr

Antagonistic bacteria	Spore germination inhibition (%)				Bacterial cell count (cfu/ml)			
	1 h	24 h	48 h	72 h	1 h	24 h	48 h	72 h
B. siamensis DL7	3.74^{c}	8.10^{a}	93.86^{a}	97.91^{a}	5.4x10^{6}	9.8x10^{8}	7.7x10^{8}	4.9x10^{8}
B. amyloliquefaciens DL9	7.57^{b}	4.85^{b}	92.96^{b}	92.41^{b}	3.4x10^{6}	8.9x10^{8}	5.0x10^{8}	3.9x10^{8}
B. amyloliquefaciens PN10	11.27^{a}	1.35^{c}	79.52^{b}	90.44^{b}	3.1x10^{6}	8.0x10^{8}	4.7x10^{8}	3.9x10^{8}
CV (%)	46.56	66.98	10.84	4.06	31.52	10.11	28.49	13.64

$^{a–c}$ Different superscript letters within each column are significantly different by DMRT (P<0.05)

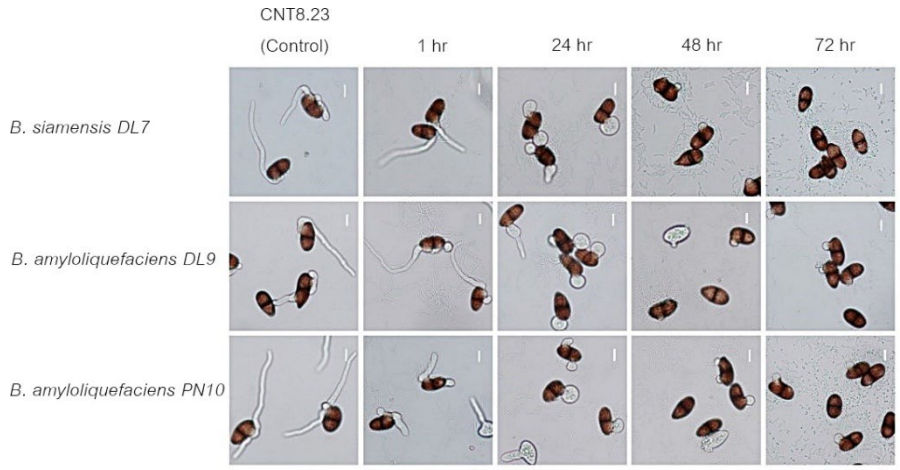


Fig. 3 Antagonistic effects of *B. siamensis* isolate DL7, *B. amyloliquefaciens* isolate DL9 and *B. amyloliquefaciens* isolate PN10 at 1, 24, 48 and 72 h old culture on the spore germination of *L. theobromae* isolate CNT8.23 for 3 h under light microscope with 400x magnification. Scale bar = 10 µm

สรุป

แบคทีเรียปฏิปักษ์ที่อายุ 72 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการเจริญทางเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อราได้ดีที่สุด โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่สามารถยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของเชื้อราได้ดีที่สุดคือ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PN10 และ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท DL9 ส่วนแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่สามารถยับยั้งการงอกสปอร์เชื้อราได้ดีที่สุดคือ *B. siamensis* ไอโซเลท DL7 อย่างไรก็ตามเพื่อยืนยันผลการควบคุมโรคจำเป็นจะต้องมีการศึกษาการควบคุมโรคในฝักโกโก้ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณรัตตา คุณวีรภรณ์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยจนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2564. การจัดการความรู้ เทคโนโลยีการผลิตโกโก้. การันตี Guarantee. นนทบุรี.

บุญญวดี จิระวุฒิ, อมรา ชินภูติ, รัตตา สุทธยาคม. 2560. โรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยวและการควบคุมโดยแบคทีเรียปฏิปักษ์. วารสารวิชาการเกษตร 35: 229–242.

ชิษณุพงศ์ เพชรพรรณ, ฉัตรสุดา เผือกใจแผ้ว, สุดารัตน์ จีโน, ศลิษฎ์ ศุภกิจธนากร, เกวลิน คุณาศักดิ์ดากุล, อรอุมา เรืองวงษ์. 2566. การควบคุมโรค Dieback ของสตรอว์เบอร์รีที่เกิดจาก *Lasiodiplodia theobromae* โดยการใช้ *Bacillus* spp.วารสารแก่นเกษตร. 1(ฉบับพิเศษ): 264–270.

เอมลิน พิพัฒนภักดี, ดนัย บุณยเกียรติ, ฉันทลักษณ์ ติยายน, พิมพ์ใจ สีหะนาม, อรอุมา เรืองวงษ์. 2562. การตรวจหาเชื้อสาเหตุโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยวและการคัดเลือกแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรค. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 50: 3 (พิเศษ): 139–142.

Adeniji, A.A., Aremu, O.S., Babalola, O.O. 2019. Selecting lipopeptide-producing, *Fusarium*- suppressing *Bacillus* spp. : Metabolomic and genomic probing of *Bacillus velezensis* NWUMFkBS10. 5. MicrobiologyOpen. 8: e00742.

Alvindia, D.G., Gallema, F.L M. 2017. *Lasiodiplodia theobromae* causes vascular streak dieback (VSD)-like symptoms of cacao in Davao Region, Philippines. Australas. Plant Dis. Notes. 12: 1–4.

Bernat, P., Paraszkiewicz, K., Siewiera, P., Moryl, M., Plaza, G., Chojniak, J. 2016. Lipid composition in a strain of *Bacillus subtilis*, a producer of iturin A lipopeptides that are active against uropathogenic bacteria. World J. Microbiol. Biotechnol. 32: 1–13.

Calvo, H., Mendiara, I., Arias, E., Blanco, D., Venturini, M. E. 2019. The role of iturin A from *B. amyloliquefaciens* BUZ-14 in the inhibition of the most common postharvest fruit rots. Food Microbiol. 82: 62–69.

Chukeatirote, E., Thirach, P., Tibpromma, S., Asad, S., Priyashantha, A. K. H., Elgorban, A. M., Niraphai, K. 2023. Antagonistic potential of *Bacillus amyloliquefaciens* and *B. velezensis* as biocontrol agents against *Lasiodiplodia theobromae*. N. Z. J. Bot. 1–12.

Castillo, D.S., Parra, D., Noceda, C., Pérez-Martínez, S. 2016. Co-occurrence of pathogenic and non-pathogenic *Fusarium decemcellulare* and *Lasiodiplodia theobromae* isolates in cushion galls disease of cacao (*Theobroma cacao* L.). J. Plant Prot. Res. 56: 129–138.

Deleu, M., Paquot, M., Nylander, T. 2008. Effect of fengycin, a lipopeptide produced by *Bacillus subtilis*, on model biomembranes. Biophys. J. 94: 2667–2679.

Fessehatzion, B., Olutiola, P. O. 1987. A proteolytic enzyme associated with the infection of cocoa beans by *Botryodiplodia theobromae*. FEMS Microbiol. Lett. 43: 67–70.

Gottleib, D. 1978. The Germination of Fungal Spores. Meadowfield Press. Shildon. England.

Griffon, E., Maublanc, A. 1909. Sur une maladie du cacaoyer. Bulletin de la Société Mycologique de France. https://ia801307.us.archive.org/24/items/bulletintrimestr27soci/bulletintrimestr27soci.pdf, 4 November 2024.

Huda-Shakirah, A. R., Mohamed Nor, N. M. I., Zakaria, L., Leong, Y. H., Mohd, M. H. 2022. *Lasiodiplodia theobromae* as a causal pathogen of leaf blight, stem canker, and pod rot of *Theobroma cacao* in Malaysia. Sci. Rep. 12: 8966.

Jacobsen, B. J., Zidack, N. K., Larson, B. J. 2004. The role of Bacillus-based biological control agents in integrated pest management systems: plant diseases. Phytopathology 94: 1272–1275.

Jaishankar, J., Srivastava, P. 2017. Molecular basis of stationary phase survival and applications. Front. microbiol. 8: 298976.

Jiang, J., Gao, L., Bie, X., Lu, Z., Liu, H., Zhang, C., Zhao, H. 2016. Identification of novel surfactin derivatives from NRPS modification of *Bacillus subtilis* and its antifungal activity against *Fusarium moniliforme*. BMC Microbiol. 16: 1–14.

Kannan, C., Karthik, M., Priya, K. 2010. *Lasiodiplodia theobromae* causes a damaging dieback of cocoa in India. Plant Pathol. J. 59: 410.

Mbenoun, M., Momo Zeutsa, E.H., Samuels, G., Nsouga Amougou, F., Nyasse, S. 2008. Dieback due to *Lasiodiplodia theobromae*, a new constraint to cocoa production in Cameroon. Plant Pathol. J. 57: 381–381.

Nyström, T. 2004. Stationary-phase physiology. Annu. Rev. Microbiol. 58: 161–181.

Puig, A. S. 2023. Fungal Pathogens of Cacao in Puerto Rico. Plants. 12: 3855.

Puig, A.S., Keith, L.M., Matsumoto, T.K., Gutierrez, O.A., Marelli, J.P. 2021. Virulence tests of *Neofusicoccum parvum*, *Lasiodiplodia theobromae*, and *Phytophthora palmivora* on *Theobroma cacao*. Eur. J. Plant Pathol. 159: 851–862.

Rahman, M.A., Begum, M.F., Alam, M.F. 2009. Screening of *Trichoderma* Isolates as a Biological Control Agent against *Ceratocystis paradoxa* Causing Pineapple Disease of Sugarcane. Mycobiology. 37: 277–285.

Saucedo-Bazalar, M., Masias, P., Nouchi-Moromizato, E., Santos, C., Mialhe, E., Cedeño, V. 2023. MALDI mass spectrometry-based identification of antifungal molecules from endophytic *Bacillus* strains with biocontrol potential of *Lasiodiplodia theobromae*, a grapevine trunk pathogen in Peru. Curr. Res. Microb. Sci. 5: 100201.

อิทธิพลของเหยื่อและอาหารทางเลือกต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลงหางหนีบสีดำ

Influence of prey and alternative foods on development and reproduction of predaceous black earwigs *Chelisoches morio* Fabricius (Dermaptera: Chelisochidae)

นางชนิดา ตะเภาน้อย[a,*] **วิกันดา รัตนพันธ์**[b]

Chanida Tapaonoi[a,*], Wigunda Rattanapun[b]

[a]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84000

[b]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะนวัตกรรมการเกษตร ประมง และอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84000

[a]Agricultural Science and Technology, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Surat Thani 84000, Thailand

[b]Agricultural Science and Technology, Faculty of Innovative Agriculture, Fisheries and Food, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Surat Thani 84000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: chanida_tapaonoi@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

แมลงหางหนีบสีดำ *Chelisoches morio* เป็นศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของแมลงดำหนามมะพร้าว *Brontispa longissima* รวมถึงแมลงศัตรูมะพร้าวชนิดอื่น ๆ การศึกษานี้ตรวจสอบอิทธิพลของเหยื่อและอาหารทางเลือกต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* โดยใช้อาหารที่แตกต่างกัน 6 ชนิด คือ 1) แมลงดำหนามมะพร้าว *B. longissimi* 2) ไข่ผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* 3) อาหารแมว 4) อาหารปลาดุก 5) ไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารแมว และ 6) ไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารปลาดุก ผลการศึกษาพบว่า อาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* คืออาหารปลาดุก เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยสั้นที่สุด มีจำนวนครั้งของการวางไข่และปริมาณไข่ที่วางได้ตลอดชีวิตมากที่สุด นอกจากนี้ยังให้จำนวนเพศเมียในรุ่นลูกปริมาณมากที่สุดและมีค่า sex ratio ที่ดีที่สุด

คำสำคัญ: ผีเสื้อข้าวสาร, แมลงดำหนามมะพร้าว, หนอนกินจั่นมะพร้าว, หนอนหัวดำมะพร้าว

Abstract

The black earwig *Chelisoches morio* is an important natural enemy of coconut leaf beetle *Brontispa longissima* and other insect pests of coconut. This study investigated the influence of prey and alternative food sources on the development and reproduction of *C. morio* using six different diets incluidng 1) *B. longissimi* 2) eggs of *Corcyra cephalonica* 3) cat food 4) catfish food 5) eggs of *C. cephalonica* + cat food and 6) eggs of *C. cephalonica* + catfish food. The results presented that *C. morio* fed on catfish food developed to adult stage in shortest time, produced the highest number of egg-laying and laid the highest number of eggs, produced the highest number of female offspring and best balance sex ratio.

Keywords: *Brontispa longissima*, *Corcyra cephalonica*, *Opisina arenosella*, *Tirathaba rufivena*

คำนำ

การระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าวในประเทศไทย โดยเฉพาะในแถบภาคใต้ของประเทศ ยังเป็นปัญหามาอย่างต่อเนื่อง และสถานการณ์มีแนวโน้มจะระบาดเพิ่มขึ้นทั้งชนิดแมลงศัตรูมะพร้าวและปริมาณพื้นที่ที่มีการระบาด โดยพบว่าแมลงดำหนามมะพร้าว *Brontispa longissima* Gestro (Coleoptera: Hispidae) เป็นศัตรูพืชที่สำคัญมากชนิดหนึ่งของมะพร้าว แมลงดำหนามมะพร้าวเป็นแมลงศัตรูพืชต่างถิ่นรุกราน สำหรับในประเทศไทยตรวจพบครั้งแรกที่จังหวัดนราธิวาสในปี พ.ศ. 2543 โดยกรมวิชาการเกษตรได้รับรายงานเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 ว่าพบแมลงดำหนามมะพร้าวต่างถิ่นระบาดอย่างรุนแรงในอำเภอทับสะแก บางสะพาน บางสะพานน้อย และอำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และพื้นที่เกาะสมุย และเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยพบว่ายังมีการแพร่ระบาดต่อไปยังแหล่งอื่นๆ (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2560) ในปัจจุบันพบการระบาดของแมลงดำหนามมะพร้าวกระจายไปทั่วพื้นที่ที่ปลูกมะพร้าวในประเทศไทย

แมลงดำหนามมะพร้าว *B. longissimi* ทำลายส่วนใบของมะพร้าว โดยทั้งตัวเต็มวัย และตัวอ่อนอาศัยอยู่ในใบอ่อนที่ยังไม่คลี่ของมะพร้าวและแทะกินผิวใบ ใบมะพร้าวที่ถูกทำลายเมื่อใบคลี่กางออกจะมีสีน้ำตาลอ่อนและซ่อนตัวในใบอ่อนที่พับอยู่ แล้วจะย้ายไปกินยอดอ่อนอีกยอดหลังจากใบเดิมคลี่ออกแล้ว ทำให้ยอดอ่อนของมะพร้าวชะงักการเจริญเติบโต หากใบมะพร้าวถูกทำลายติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ยอดของมะพร้าวมีสีน้ำตาลเมื่อมองไกล ๆ จะเห็นเป็นสีขาวโพลน ชาวบ้านเรียกว่า “มะพร้าวหัวหงอก” (เฉลิม และวัชรี, 2547) การควบคุมกำจัดแมลงดำหนามมะพร้าวมีหลายวิธี ทั้งการใช้แตนเบียนแมลงดำหนามมะพร้าวในการควบคุม เช่น แตนเบียนหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว *Asecodes hispinarum* (Hymenoptera: Eulophidae) ซึ่งนำเข้าจากประเทศเวียดนามทำลายหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว และแตนเบียนดักแด้แมลงดำหนามมะพร้าว *Tetrastichus brontispae* (Hymenoptera: Eulophidae) ทำลายดักแด้แมลงดำหนามมะพร้าว นอกจากนี้ยังมีการใช้แมลงหางหนีบสีดำ *Chelisoches morio* (Fabricius) (Dermaptera: Chelisochidae) (น้ำผึ้ง, 2552)

ปัจจุบัน การเพาะขยายแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ของหน่วยงานราชการ ใช้อาหารแมวในการเลี้ยงแมลงหางหนีบสีดำ แต่พบปัญหาแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่นำมาจากธรรมชาติเมื่อนำมาเลี้ยงด้วยอาหารแมวจะไม่กินอาหาร ทำให้เลี้ยงเพิ่มปริมาณได้น้อย ดังนั้น หากสามารถมีอาหารชนิดอื่นใช้ทดแทนที่ทำให้การเพิ่มปริมาณของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* สามารถเพิ่มขึ้นได้ในปริมาณมากและช่วงเวลาในการเจริญเติบโตแต่ละช่วงวัยย่นระยะเวลาได้เร็วขึ้นเพื่อให้แมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้เร็ว ทำให้มีการผสมพันธุ์และวางไข่ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น สามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้มากเพียงพอ ต่อการนำไปปล่อยเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ทดลองใช้ไข่ผีเสื้อข้าวสารเป็นอาหารเลี้ยงแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* เนื่องจากในปัจจุบันหน่วยงานด้านการอารักขาพืช กรมส่งเสริมการเกษตร สามารถเพาะขยายพันธุ์ผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* Stain (Lepidoptera: Pyralidae) เพื่อนำไข่และตัวหนอนของผีเสื้อข้าวสารมาใช้ในการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ

ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไข่ผีเสื้อข้าวสารเป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* โดยเปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยอาหารแมว ซึ่งเป็นอาหารที่ทางกรมวิชาการเกษตรใช้ในการเพาะเลี้ยง และอาหารปลาดุกซึ่งมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด เพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ผลการศึกษาที่ได้ สามารถช่วยสนับสนุนการเพาะขยายแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมแมลงดำหนามมะพร้าวโดยชีววิธี ลดการใช้สารเคมี และสามารถนำไปบูรณาการกับวิธีการอื่นๆ ในการป้องกันกำจัดแมลงดำหนามมะพร้าวเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืชที่ยั่งยืนในอนาคต รวมทั้งเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานด้านการอารักขาพืช กรมส่งเสริมการเกษตร ในการนำข้อมูลจากการศึกษาที่

ได้ไปขยายผลถ่ายทอดความรู้ให้เกษตรกรสามารถนำไปเพาะเลี้ยงแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* เพื่อใช้ประโยชน์ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแมลงหางหนีบสีดำ C. morio

เก็บแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* จากแปลงมะพร้าวในพื้นที่อำเภอเมือง พิกัด X 533944 Y 1013237 และอำเภอพุนพิน พิกัด X 558123 Y 8059849 จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้ดินร่วนละเอียดไม่มีเศษหินเจือปนที่ตากแดด 2 วัน เพื่อลดปริมาณเชื้อโรคในดิน ใส่ลงในกล่องเลี้ยงแมลงขนาด 19 × 28 × 11 เซนติเมตร ปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ฉีดพ่นน้ำปริมาณ 30 มิลลิลิตร ลงในดินให้ทั่วเพื่อให้ความชื้น ใส่ใบมะพร้าวที่ตัดความยาว 20 เซนติเมตรโดยพับซ้อนทับจำนวน 10 ใบเพื่อเป็นที่หลบซ่อนของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* โดยเปลี่ยนใบมะพร้าวทุกๆ 3 วัน นำสำลีชุบน้ำเพื่อให้ความชื้น ใส่พ่อแม่พันธุ์แมลงหางหนีบสีดำ เพศผู้และเพศเมียอย่างละ 10 ตัว ลงในกล่องเลี้ยง ให้อาหารแมว รสปลาทะเล ยี่ห้อมีโอ บริษัท เพอร์เฟค คอมพาเนียน กรุ๊ป จำกัด บดละเอียด สลับกับไข่ผีเสื้อข้าวสาร ปริมาณอาหารที่ให้ 0.4 กรัม/กล่อง และเปลี่ยนอาหารทุกๆ 3 วัน เพื่อป้องกันอาหารเน่าเสีย รักษาความชื้นโดยการฉีดน้ำในดินอย่างสม่ำเสมอโดยให้ความชื้นในดินอยู่ที่ 70 ± 10%

การเตรียมแมลงดำหนามมะพร้าว B. longissimi

เลี้ยงแมลงดำหนามมะพร้าว *B. longissimi* โดยใช้พ่อแม่พันธุ์จากศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 500 ตัว โดยเลี้ยงตัวเต็มวัยไว้ในกล่องขนาด 19 × 28 × 11 เซนติเมตร โดยใส่จำนวน 300 ตัว/กล่อง ให้ใบมะพร้าวโดยใช้ยอดอ่อนที่ยังไม่คลี่จำนวน 45 ใบต่อกล่องเป็นอาหารให้แก่แมลงดำหนามมะพร้าวในแต่ละวัย เปลี่ยนใบมะพร้าวที่ตัดความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร ทุกๆ 3 วัน เมื่อตัวเต็มวัยแมลงดำหนามเพศเมียวางไข่ นำใบมะพร้าวที่มีไข่มาแยกใส่กล่องขนาด 19 × 28 × 11 เซนติเมตร เพื่อให้ฟักเป็นตัวหนอนเลี้ยงหนอนแมลงดำหนามมะพร้าวในกล่องขนาด 19 × 28 × 11 เซนติเมตร เปลี่ยนใบมะพร้าวที่ตัดความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร ทุกๆ 3 วัน และนำหนอนหนอนแมลงดำหนามมะพร้าวที่ได้ไปเลี้ยงแมลงหางหนีบสีดำ

การเตรียมไข่ผีเสื้อข้าวสาร C. cephalonica

เลี้ยงผีเสื้อข้าวสาร *C. cephalonica* โดยการผสมรำละเอียด 0.8 กิโลกรัมและปลายข้าวสาร 0.4 กิโลกรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน ใส่กล่องเลี้ยงขนาด 19 ×28 × 11 เซนติเมตร โรยไข่ผีเสื้อข้าวสารน้ำหนัก 0.10 กรัม (ประมาณ 2,000 ฟอง) ลงในกล่องเลี้ยงที่มีส่วนผสมของรำละเอียดและปลายข้าวสารปริมาณ 1.2 กิโลกรัม เมื่อครบ 50 วัน หนอนผีเสื้อข้าวสารจะเป็นตัวเต็มวัย ใช้เครื่องดูดไข่ ดูดไข่ผีเสื้อข้าวสารจากกล่องเลี้ยงทุกวัน เพื่อนำไปเลี้ยงแมลงหางหนีบสีดำ

ศึกษาการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลงหางหนีบสีดำ C. morio เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารแต่ละชนิด

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สุ่มตัวอ่อนวัยที่ 1แมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่มีอายุเท่ากันนำมาแยกเลี้ยงในถ้วยพลาสติกพร้อมฝาปิดขนาด 100 มิลลิลิตร (5.7 × 5 ซม.) โดยเจาะรูบริเวณฝากล่องให้ทั่วเพื่อระบายอากาศ เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 ± 10% กล่องละ 1 ตัว โดยแบ่งเป็น 6 กลุ่ม

Treatment 1 ให้อาหารด้วยหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว *B. longissimi* ซึ่งเป็นอาหารในธรรมชาติแก่แมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* (ชุดควบคุม) คัดเลือกหนอนแมลงดำหนามมะพร้าววัยที่ 1 ให้ตัวอ่อนแมลงหางหนีบสีดำ วัย 1 และ 2 และคัดเลือกหนอนแมลงดำหนามมะพร้าววัยวันที่ 2 และ 3 ให้ตัวอ่อนแมลงหางหนีบสีดำ วัย 3, 4 และตัวเต็มวัย

Treatment 2 ให้อาหารด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร

Treatment 3 ให้อาหารด้วยอาหารแมวรสปลาทะเล

Treatment 4 ให้อาหารด้วยอาหารปลาดุก

Treatment 5 ให้อาหารด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร+อาหารแมวรสปลาทะเล โดยให้สลับวันจนแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* หมดอายุขัย

Treatment 6 ให้อาหารด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร+อาหารอาหารปลาดุก โดยให้สลับวันแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* หมดอายุขัย

ทำการศึกษากลุ่มละ 30 ตัว ให้อาหารปริมาณ 0.01 กรัมต่อวัน ชั่งน้ำหนักอาหารแต่ละชนิดด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ satorius รุ่น Practum224-1s เปลี่ยนอาหารทุกวัน และโดยใส่ดินร่วนละเอียดที่ไม่มีเศษหินเจือปนปริมาณ 30 กรัมฉีดน้ำให้ความชุ่มชื้นในดินโดยให้ความชื้นในดินอยู่ที่ 70 ± 10% พร้อมทั้งเปลี่ยนใบมะพร้าวที่ตัดขนาด 10 เซนติเมตร พับซ้อนกันจำนวน 5 ใบ เพื่อใช้เป็นที่หลบซ่อนของแมลงหางหนีบสีดำ ทุก ๆ 3 วัน บันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตแต่ละช่วงวัยของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* โดยสังเกตจากการลอกคราบของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* เก็บข้อมูลอัตราการรอดชีวิตของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* แต่ละช่วงวัย และอายุขัยของตัวเต็มวัย

หลังจากแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* เป็นตัวเต็มวัย นำเพศผู้และเพศเมียมาเลี้ยงในกล่องเลี้ยง กล่องละ 1 คู่ เพื่อให้ผสมพันธุ์กันโดยสังเกตุจากการที่แมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* เพศเมียวางไข่ จึงแยกแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* เพศผู้ออกเพื่อการป้องกันการรบกวนไข่ นับจำนวนไข่ที่เพศเมียวางได้ตลอดช่วงชีวิต และอัตราส่วนเพศของลูกที่ได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) แบบ LSD เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ระยะการเจริญเติบโตของแมลงหางหนีบสีดำ C. morio ที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด

ผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาในการเปลี่ยนวัยของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก ไข่ผีเสื้อข้าวสาร ไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารปลาดุก และไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารแมวรสปลาทะเล (47.33–48.87 วัน) ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยสั้นกว่า การเลี้ยงด้วยแมลงดำหนามมะพร้าวและอาหารปลาดุกอย่างเดียว (54.00–58.93 วัน) (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของวิริยา (2550) ที่เลี้ยงด้วยแมลงดำหนามมะพร้าว *B. longissimi* พบว่าระยะเจริญเติบโตจากวัยที่ 1 ไปสู่ตัวเต็มวัยใช้เวลา 43.99 วัน แต่ผลการศึกษาของน้ำผึ้ง และคณะ (2551) ซึ่งได้ทำการเพาะเลี้ยงด้วยแมลงดำหนามมะพร้าว *B. longissimi* เช่นเดียวกันพบว่าระยะตัวอ่อนใช้เวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยที่ 61.54 วัน

Table 1 Mean duration in days for each instar of *C. morio* reared on different diets

Treatment	Development time (day) (mean±SE)				
	1st Instar	2nd Instar	3rd Instar	4th Instar	Total
B. longissimi	12.10 ± 0.22^{c}	10.80 ± 0.25^{b}	13.13 ± 0.25^{c}	22.90 ± 0.32^{c}	58.93 ± 0.67^{c}
C. cephalonica eggs	9.73 ± 0.16^{b}	9.37 ± 0.25^{a}	10.90 ± 0.30^{a}	17.57 ± 0.27^{ab}	47.57 ± 0.40^{a}
cat food	10.13 ± 0.17^{b}	10.63 ± 0.56^{b}	15.13 ± 0.47^{d}	18. 10 ± 0.25^{b}	54.00 ± 0.74^{b}
catfish food	9.73 ± 0.14^{b}	10.13 ± 0.41^{ab}	12.21 ± 0.29^{bc}	17.21 ± 0.19^{a}	47.33 ± 1.47^{a}
C. cephalonica eggs + cat food	8.87 ± 0.22^{a}	10.67 ± 0.40^{b}	12.03 ± 0.24^{b}	17.86 ± 0.31^{ab}	48.87 ± 0.80^{a}
C. cephalonica eggs + catfish food	8.57 ± 0.21^{a}	11.37 ± 0.44^{b}	12.14 ± 0.27^{bc}	17.21 ± 0.24^{a}	48.80 ± 0.83^{a}
p-value	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000

Values (mean ± SE) in the same column followed by different letters are statistically different (p<0.05)

อายุขัยตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด

จากการศึกษาพบว่าอายุขัยตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่ถูกเลี้ยงด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารปลาดุก อาหารปลาดุก แมลงดำหนามมะพร้าว และไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารแมวรสปลาทะเล มีอายุขัยของตัวเต็มวัยเพศผู้เฉลี่ย 181.60–202.33 วัน ในขณะที่การเลี้ยงด้วยอาหารแมวและไข่ผีเสื้อข้าวสาร *C. cephalonica* อายุขัยของตัวเต็มวัยเพศผู้มีอายุเฉลี่ยน้อยกว่าที่ 132.08–159.50 วัน (Fig. 1) ส่วนอายุขัยของเต็มวัยเพศเมียที่ถูกเลี้ยงด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารแมว อาหารปลาดุก อาหารแมว แมลงดำหนามมะพร้าว และไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารปลาดุกมีอายุเฉลี่ย 194.91–213.94 วัน ในขณะที่การเลี้ยงด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร ตัวเต็มวัยเพศเมียมีอายุน้อยที่สุดเฉลี่ย 152.39 วัน (Fig. 2) ซึ่งการที่แมลงหางหนีบมีอายุขัยที่นานส่งผลให้ช่วยกำจัดแมลงศัตรูพืชได้มากกว่ามีอายุขัยสั้น โดยน้ำผึ้ง และคณะ (2551) ได้ศึกษาการกินหนอนแมลงดำหนามมะพร้าวของตัวอ่อนแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* พบว่าสามารถกินหนอนแมลงดำหนามมะพร้าวได้เฉลี่ย 72.40 ± 14.02 ตัว และแมลงหางหนีบสีดำเพศเมียกินไข่ของแมลงดำหนามมะพร้าวได้สูงสุดเฉลี่ย 1,763.80 ฟอง และเพศผู้กินไข่ได้ 1,824.60 ฟอง

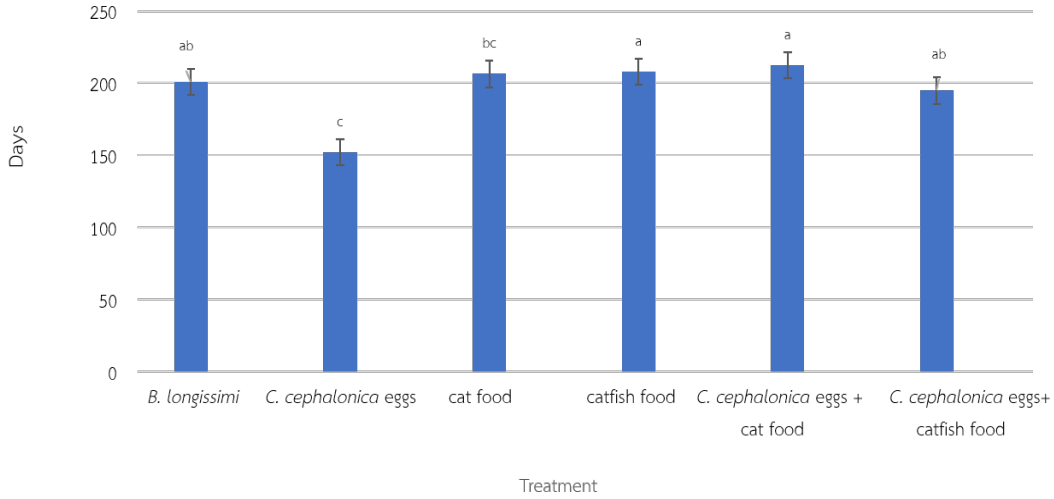


Fig. 1 Lifespan duration of adult male *C. morio* reared on different diets

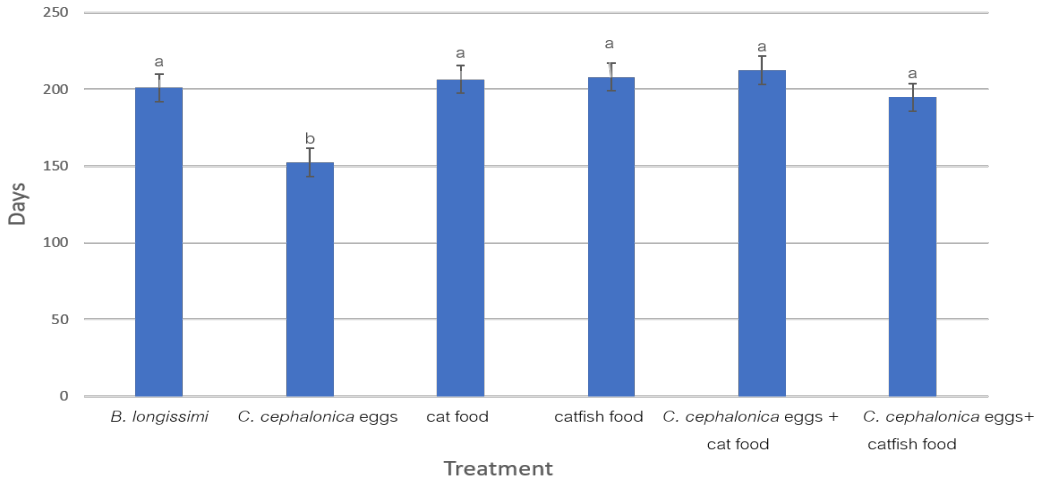


Fig. 2 Lifespan duration of adult female *C. morio* reared on different diets

จำนวนครั้งในการวางไข่ของเพศเมียของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด

ผลการศึกษาจำนวนครั้งในการวางไข่ของเพศเมียของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่ถูกเลี้ยงด้วยแมลงดำหนามมะพร้าว ไข่ผีเสื้อข้าวสาร อาหารแมวรสปลาทะเล อาหารปลาดุก ไข่ผีเสื้อข้าวสาร+อาหารแมวรสปลาทะเล และไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารปลาดุก คือ 1.18, 2.59, 4.25, 5.44, 4.32 และ 4.27 ครั้ง ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่าการเลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก แมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* มีจำนวนครั้งในการวางไข่มากที่สุด คือ 5.44 ครั้ง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารชนิดอื่น และการเลี้ยงด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร+อาหารปลาดุกมีจำนวนครั้งในการวางไข่ของเพศเมียน้อยที่สุด คือ 4.27 ครั้ง (Fig. 3) จากการศึกษาองค์ประกอบของอาหารปลาดุกพบปริมาณโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารแมวมีปริมาณโปรตีนที่ 30% โดยโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักในการเจริญเติบโตของแมลง และปริมาณไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับอาหารแมว ซึ่งไขมันทำหน้าที่เป็นตัวขนส่งหรือเคลื่อนย้ายสารที่ละลายในไขมันไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย แมลงใช้โปรตีนและไขมันสำหรับการเจริญเติบโตในระยะตัวอ่อน และการสร้างไข่ นอกจากนี้ยังกระตุ้นฮอร์โมนที่ใช้ในการลอกคราบ ในขณะที่ไข่ผีเสื้อข้าวสารมีปริมาณโปรตีน 112–118 µg/mL และมีกรดอะมิโนหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ (Zhang et al., 2024) แต่อย่างไรก็ตาม ไข่ผีเสื้อข้าวสารไม่ได้เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงแมลงได้ทุกชนิด (Ali et al., 2023) เนื่องจากอาจขาดธาตุอาหารหลักบางประการที่แมลงชนิดนั้น ๆ ต้องการ กรณีเดียวกับแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่พบว่าไข่ผีเสื้อข้าวสารไม่มีความเหมาะสมมากนัก เพราะแมลงมีจำนวนครั้งของการวางไข่ต่ำรองลงมาจากการเลี้ยงด้วยแมลงดำหนามมะพร้าวที่มีค่าต่ำที่สุด

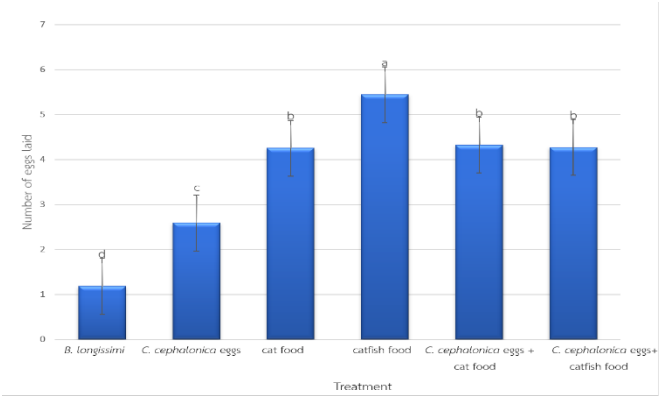


Fig. 3 Number of times *C. morio* female reared on different diets laid eggs

ปริมาณการวางไข่ของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด

ผลการศึกษาพบว่า แมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกและไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารแมวรสปลาทะเล วางไข่ได้ปริมาณ (159.11–195.50 ฟอง) ในขณะที่การเลี้ยงด้วยแมลงดำหนามมะพร้าว *B. longissimi* มีปริมาณการวางไข่น้อยที่สุด คือ 30.82 ฟอง (Fig. 4)

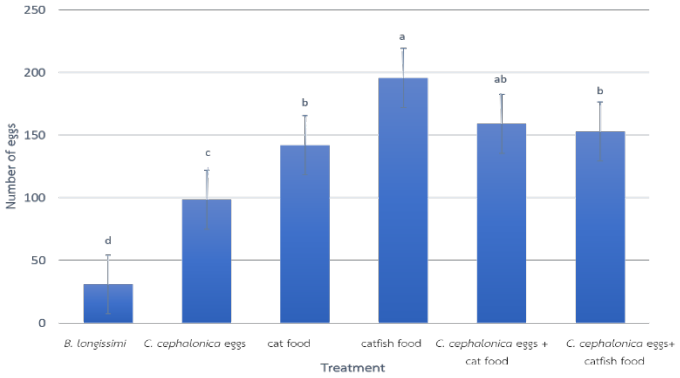


Fig. 4 Total number of eggs laid by female *C. morio* reared on different diets throughout their lifespans

สรุป

การศึกษาระยะเวลาในการเจริญเติบโตของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* พบว่า ระยะเวลาในการเปลี่ยนวัยของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก ไข่ผีเสื้อข้าวสาร ไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารปลาดุก และไข่ผีเสื้อข้าวสาร+อาหารแมวรสปลาทะเล ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย 47.33–48.87 วัน ซึ่งใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการเลี้ยงด้วยแมลงดำหนามมะพร้าวและอาหารปลาดุกอย่างเดียว 54.00–58.93 วัน ซึ่งจากผลการทดลอง การเลี้ยงแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ด้วยอาหารปลาดุกช่วยย่นระยะเวลาการเจริญเติบโตได้ ทำให้แมลงหางหนีบพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้เร็วขึ้นสามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้มากขึ้น

ผลการศึกษาที่ได้พบว่าอายุขัยตัวเต็มวัยเพศผู้ของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่ถูกเลี้ยงด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารปลาดุก อาหารปลาดุก แมลงดำหนามมะพร้าว และไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารแมวรสปลาทะเล มีอายุขัยของตัวเต็มวัยเพศผู้เฉลี่ย 181.60–202.33 วัน ในขณะที่การเลี้ยงด้วยอาหารแมวและไข่ผีเสื้อข้าวสาร *C. cephalonica* อายุขัยของตัวเต็มวัยเพศผู้มีอายุเฉลี่ยน้อยกว่าที่ 132.08–159.50 วัน (Fig. 1) ส่วนอายุขัยของเต็มวัยเพศเมียของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่ถูกเลี้ยงด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารแมว อาหารปลาดุก อาหารแมว แมลงดำหนามมะพร้าว และไข่ผีเสื้อข้าวสาร + อาหารปลาดุกมีอายุเฉลี่ย 194.91–213.94 วัน ในขณะที่การเลี้ยงด้วยไข่ผีเสื้อข้าวสาร ตัวเต็มวัยเพศเมียมีอายุน้อยที่สุดเฉลี่ย 152.39 วัน โดยพบว่าตัวเต็มวัยเพศเมียแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก มีจำนวนครั้งของการวางไข่และปริมาณไข่ที่ได้มีมากกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารชนิดอื่นที่ทดสอบ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของเหยื่อและอาหารทางเลือกต่อการเจริญเติบโตและการขยาย พันธุ์ของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* สามารถสรุปได้ว่า อาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* คืออาหารปลาดุก เนื่องจากระยะการเปลี่ยนวัยของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* ใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด จำนวนครั้งของการวางไข่และปริมาณไข่ที่ได้มีมากที่สุดเหมาะสมต่อการขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณของแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio* นอกจากนี้ อาหารปลาดุกมีราคาถูกกว่าอาหารแมวคือกิโลกรัมละ 26 บาทและหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด ส่วนอาหารแมวมีราคากิโลกรัมละ 109 บาท และไข่ผีเสื้อข้าวสารต้นทุนที่กิโลกรัมละ 1,000 บาท (ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดสุราษฎร์ธานี, unpublished data) ซึ่งจากการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของหน่วยงานกรมส่งเสริมการเกษตรที่ใช้อาหาร

แมวเลี้ยงแมลงหางหนีบ *C. morio* คือ 0.50 บาทต่อตัว เมื่อคำนวณกับการเลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกต้นทุนเลี้ยงแมลงหางหนีบ *C. morio* อยู่ที่ 0.34 บาทต่อตัว ดังนั้นอาหารปลาดุกเหมาะแก่การนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณแมลงหางหนีบสีดำ *C. morio*

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดสุราษฎร์ธานีสำหรับความอนุเคราะห์พื้นที่ห้องปฏิบัติการ ครุภัณฑ์ และวัสดุอุปกรณ์ ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เฉลิม สินธุเสก, วัชรี สมสุข. 2547. แมลงดำหนามมะพร้าวตัวใหม่และแนวทางการป้องกันกำจัดในเอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การใช้แตนเบียนกำจัดแมลงดำหนามมะพร้าว. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร.

น้ำผึ้ง ชมภูเขียว, กิตติยา สุขเสน, โสภณ อุไรชื่น, วิวัฒน์ เสือสะอาด. 2551. ชีววิทยาและความสามารถในการกินของแมลงหางหนีบ *Chelisoches morio* (Fabricius) (Dermaptera: Chelisochidae) ที่มีต่อแมลงดำหนามมะพร้าว. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาพืช.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

น้ำผึ้ง ชมภูเขียว. 2552. แมลงหางหนีบ *Chelisoches morio* Fabricius (Dermaptera: Chelisochidae): ชีววิทยาและบทบาทในการควบคุมแมลงดำหนามมะพร้าว *Brontispa longissima* Gestro (Coleoptera: Hispidae). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 92 น.

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2560. เอกสารวิชาการการจัดการศัตรูมะพร้าว. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้น 1 สิงหาคม 2564, จากhttps://www.doa.go.th/plprotect/wp-content/uploads/Km/KM_coconut_2.pdf.

Ali, S., Peng, J., Liang, J.-F., Huang, C., Xie, Y.-H., Wang, X. 2023. Changes in life history parameters and transcriptome profile of *Serangium japonicum* associated with feeding on natural prey (*Bemisia tabaci*) and alternate host (*Corcyra cephalonica* eggs). BMC Genomics. 24: 112.

Zhang, Y., Zhu, W., Me, I.W., Fan, R., Wang, J., Zhang, J. 2024. Parasitoid fitness quality of *Corcyra cephalonica* (Stainton) eggs after vacuum packaging combined with cold storage. J. Asia. Pac. Entomol. 27: 102207.

การวิเคราะห์ข้อมูลสารเมตาบอไลต์โดยรวมของสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์และควิโนน (รงควัตถุให้สี) ในข้าวสรรพสี 3 สายพันธุ์โดยใช้เทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตรีด้วยเทคโนโลยีเมตาโบโอมิกส์

Metabolite profile flavoniods compound and quinones (pigmented substances) in 3 varieties of rainbow rice using liquid chromatography - mass spectrometry-based metabolomics

ธีรพันธุ์ สิงขรรค์[a,b,*], **พิเชษฐ อนุรักษ์อุดม**[a], **อภิชาติ วรรณวิจิตร**[b]
Teerapan Singkhan[a,b,*], Piched Anuragudom[a], Apichart Vanavichit[b]
[a]ภาควิชาวิทยาศาสตร์กายภาพและวัสดุศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[b]ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[a]Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand
[b]Rice Science Center, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: teerapan021139@gmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวให้มีความหลากหลายและเพิ่มคุณค่าของข้าวเป็นจุดประสงค์หลักของการวิจัยสายพันธุ์ข้าวสรรพสี ในใบข้าวสรรพสี (RBR) มีสารอาหารที่จำเป็นแตกต่างออกไปอย่างมีนัยสำคัญจากใบข้าวสีเขียวซึ่งจะประกอบด้วยคลอโรฟิลล์และแอนโธไซยานินฟลาโวนอยด์จะเป็นเม็ดสีหลักสองชนิด คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสารเมตาโบโลมของใบข้าวสรรพสี วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้เพื่อหาสารเมตาบอไลต์กลุ่มสารสี(ฟลาโวนอยด์และควิโนน) เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงต่อการแสดงออกของสีระหว่างใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ในใบข้าวสรรพสี การศึกษานี้จะใช้ใบข้าวสรรพสีที่มีอายุ 85–90 วัน (ระยะแตกกอเต็มที่) โดยเก็บตัวอย่างแบ่งเป็นใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) และใช้เทคนิค Liquid Chromatography - Orbitrap Mass Spectrometry ข้าวสรรพสีสายพันธุ์(RBR01 สีชมพู) (RBR03 สีชมพู-ขาว-เขียว) (RBR05 ขาว-เขียว) ผลการศึกษาพบว่าสารเมตาบอไลต์ที่ให้สีที่พบจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ Flavoniods และ Quinones กลุ่ม Flavoniods จะประกอบด้วยสาร Naringenin เป็นส่วนประกอบของ Anthocyanin ในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ใบข้าวเฉดสีชมพู(RBR01, RBR03) ปริมาณ Naringenin จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) กลุ่ม Quinones จะประกอบด้วย Alizarin(Red), Embelin(Orange), Rhein(Yello) ในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ใบข้าวเฉดสีชมพู(RBR01,RBR03) ปริมาณ Alizarin และ Embelin จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ข้าวสรรพสี RBR05 จะพบสารเหล่านี้ปริมาณน้อย Rhein ในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ใบข้าวเฉดสีชมพู(RBR01,RBR03) ปริมาณ Rhein จะลดลงเล็กน้อยในใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ข้าวสรรพสี RBR05 จะพบสารเหล่านี้น้อยมาก
คำสำคัญ: ข้าวสรรพสี, ฟราโวนอยด์, สารควิโนน, สารเมตาบอไลต์, อะลิซาริน

Abstract

The development of rice species to diversify and increase the value of rice is the main purpose of research on rice species. In the leaves of rice (RBR), there are nutrients that are significantly different from green rice leaves, which will consist of chlorophyll and anthocyanins, flavonoids, which will be the two main pigments. The research team has studied the metabolome of Rainbow rice leaves. The purpose of this research is to find the metabolites of the pigment group (flavonoids and quinones) to explain the change in color expression between the 1st flag leaf (1st) and the 2nd flag leaf (2nd) in the colored rice leaves. This study will use colored rice leaves that are 85–90 days old (full clump period) by collecting the sample into the 1st flag leaf (1st) and the 2nd flag leaf (2nd) and using Liquid Chromatography - Orbitrap Mass Spectrometry techniques. The colored rice (RBR01 pink) (RBR03 pink-white-green) (RBR05 white-green) is intended to explain the change of color-giving metabolites in Rainbow rice leaves. The results of the study found that the coloring metabolites found are divided into 2 groups, Flavoniods and Quinones. The Flavoniods group will contain Naringenin, which is a component of Anthocyanin in the flag leaf (1st) and the flag leaf (2nd), pink rice leaves (RBR01, RBR03). The amount of Naringenin will increase slightly in the flag leaf (2nd). The Quinones group will consist of Alizarin(Red), Embelin(Orange), Rhein(Yellow) in the flag leaf (1st) and the flag leaf (2nd) pink rice leaf (RBR01,RBRBR03). The amount of Alizarin and Embelin will increase slightly in the flag leaf (2nd). RBR05 colored rice will find a small amount of these substances Rhein in the flag leaf (1st) and the flag leaf (2nd) pink hue rice leaves (RBR01, RBR03). The amount of Rhein will be slightly reduced in the flag leaf (2nd). RBR05 colored rice will find very rarely.
Keywords: Alizarin, Flavoniods, Metabolite, Quinones, Rainbow Rice

คำนำ

การเพิ่มคุณค่าของข้าวโดยการนำส่วนต่างๆของข้าวมาใช้ทุกส่วนให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เป็นส่วนหนึ่งของการลดของเหลือทิ้งและมีการนำส่วนของลำต้นและใบข้าวมาบริโภค เช่น ชาใบข้าว เบเกอรี่ผสมผงใบข้าว อาหารเสริมจากข้าวไรซ์เบอรี่ ศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ วรรณวิจิตร และศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ได้ทำการวิจัยพัฒนาสายพันธุ์ข้าวสรรพสี โดยทำการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวให้มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกแตกต่างจากข้าวปกติ ซึ่งข้าวสรรพสีมีเป้าหมายที่จะปรับปรุงสายพันธุ์ข้าวสี ให้มีเฉดสีของใบที่หลากหลายสวยงาม เพื่อใช้สำหรับปลูกประดับ และมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สะสมในใบสูง เพื่อนำใบข้าวมาใช้ประโยชน์เชิงโภชนาการ

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีโอมิกส์ (omics technology) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยทางด้านการเกษตรและอาหาร (foodomics) โดยเฉพาะการนำ เทคโนโลยีเมตาโบโลมิกส์ (metabolomics) มาใช้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารแทนวิธีการวิเคราะห์แบบ ดั้งเดิม ซึ่งมีข้อดีคือเป็นการวิเคราะห์แบบไม่จำเพาะ (non-targeted analysis) จึงสามารถลดขั้นตอนและความยุ่งยากในการเตรียมตัวอย่าง และผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบข้อมูลการวิเคราะห์สารเมตาโบไลต์โดยรวม เรียกว่า “เมตาโบโลม” (metabolome) เปรียบเสมือนลายพิมพ์ระดับโมเลกุล (molecular fingerprint) ของตัวอย่างนั้น ซึ่งการนำ เทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ต้องอาศัยการบูรณาการกับ นักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญในต่างสาขา โดยเฉพาะทางด้าน เคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือขั้นสูง (high-throughput chemical analysis)

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือ

1. เครื่อง Lyophilizer (รุ่น BK-FD10 Series , ยี่ห้อ BIOBASE)
2. ตู้แช่ 4 องศาเซลเซียส (รุ่น Accuplus R1400 Temperature Control Laboratory Refrigerator , ยี่ห้อ Accuplus)
3. ตู้แช่ -80 องศาเซลเซียส (รุ่น **Lexicon®** II Ultra-low Temperature Freezer, ยี่ห้อ Lexicon)
4. เครื่อง Ball mill (รุ่น MM400, ยี่ห้อ Resch)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง (รุ่น PR224/E , ยี่ห้อ OHAUS)
6. เครื่องเขย่าความเร็วสูง (Multi-Tube Vortex) (รุ่น DMT-2500, ยี่ห้อ PP Dealing)
7. เครื่องปั่นเหวี่ยง (รุ่น **SYT-4C/SYL-8D**, ยี่ห้อ LABRECH)
8. เครื่องโซนิเคเตอร์ (รุ่น GT-2120QTS/VGT-2120QTD, ยี่ห้อ VGT)
9. เครื่องระเหย Evaporator (Speed Vac Concentrator/Centrifuge EYELA CVE-3110) (รุ่น CVE-3110, ยี่ห้อ EYELA)
10. เครื่อง Ultra Performance Liquid Chromatography mass spectrometer (UHPLC-MS) (รุ่น Ultimate 3000, ยี่ห้อ DIONEX)

การเตรียมตัวอย่าง

1. เก็บใบข้าวสรรพสีสดจากต้นข้าวที่มีอายุ 90 วัน โดยเลือกใบที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ไม่เสียหาย ไม่เกิดโรค ไม่มีแมลงกัดกิน โดยแบ่งตัวอย่างใบข้าวสรรพสีเป็นสองแบบจากการแสดงออกของสีใบ ดังนี้ ใบรองใบธงใบที่ 1 (1^{st}) (ลักษณะใบเจริญเติบโตเต็มที่มีสีสันชัดเจน มีสีเขียวในใบน้อย) ใบรองใบธงใบที่ 2 (2^{nd}) (ลักษณะใบเจริญเติบโตเต็มที่มีสีสันชัดเจน มีสีเขียวในใบค่อนข้างมาก) ทำการม้วนใบ เพื่อไม่ให้ใบเกิดการแตกหักห่อด้วยอลูมิเนียมฟรอยและแช่ในไนโตรเจนเหลว

2. นำใบข้าวสรรพสีที่ทำการแช่ด้วยไนโตรเจนเหลวระเหยน้ำออกโดยใช้เครื่อง Lyophilizer Freeze Dryer เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนใบแห้งไม่มีความชื้น
3. นำใบข้าวสรรพสีที่แห้งสนิดตัดด้วยกรรไกรเป็นชิ้นเล็กๆ 0.5–1.0 เซนติเมตร จากนั้นทำการบดใบด้วยเครื่อง Ball mill จนใบมีลักษณะละเอียดเป็นผง
4. เก็บตัวอย่างใบที่ทำการบดละเอียดบรรจุในถุงพลาสติกสูญญากาศไว้ในตู้แช่ -80 องศาเซลเซียสเพื่อเก็บรักษาตัวอย่างไม่ให้โดนอากาศภายนอก

การสกัด

1. ชั่งใบข้าวบดละเอียด 1.000 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 0.10% กรดไฮโดรคลอริกในเมทานอล 10.0 มิลลิลิตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 4.0 องศาเซลเซียสในตู้เย็น 4 องศา ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (สลับเขย่าด้วยเครื่อง vortex 2400 รอบ/นาที 10 นาที สลับแช่เย็น 15 นาที ทำซ้ำ 4 รอบ) ปั่นเหวี่ยงสารละลายด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง 4000 รอบ/นาที เวลา 20 นาที อุณหภูมิ 4.0 องศาเซลเซียส (Szymanowska, Zlotek, Karas, & Baraniak, 2015) ใช้ไมโครปิเปตแยกส่วนสารละลายกับตะกอนเก็บเฉพาะส่วนสารละลายใสด้านบนปริมาตร 20.0 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง 15 มิลลิลิตรแบ่งใส่ 3 หลอดเท่าๆกัน
2. นำส่วนตะกอนจาก ข้อ 1 ทำการสกัดซ้ำตามกระบวนการสกัดจากข้อ 1 (ทำซ้ำทั้งหมด 2 รอบ จนได้สารละลายรวมทั้งหมด 30 มิลลิลิตร)
3. นำสารสกัดตัวอย่างมาทำการระเหยแห้งด้วยเครื่อง Evaporator (Speed Vac Concentrator/Centrifuge EYELA CVE-3110) อุณหภูมิ 40.0 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง จนมีลักษณะเป็นตะกอนแห้งก้นหลอดทดลอง
4. นำตะกอนจากข้อ 3 เติม 99.99% เมทานอล ปริมาตร 4 มิลลิลิตร (สลับเขย่าด้วยเครื่อง Vortex 2400 รอบ/นาที 5 นาที สลับแช่ในเครื่องความถี่สูง 5 นาที ทำซ้ำ 4 รอบ)
5. ปั่นเหวี่ยงสารสกัดด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง 10000 รอบ/นาที เวลา 5 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ใช้หลอดทดลองที่มีแผ่นกรองความละเอียด 0.5 ไมโครเมตร) เก็บเฉาะส่วนสารละลายใส่หลอดทดลองปิดสนิด แช่ไว้ในตู้แช่ 4.0 องศาเซลเซียสก่อนนำมาวิเคราะห์
6. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง ตัวอย่างละ 200 ไมโครลิตร ใส่ในขวด UHPLC vial และปิเปตสารละลายตัวอย่างตัวอย่างละ 5 ไมโครลิตร ใส่รวมใน (QC-UHPLC) vial เพื่อใช้เป็น Quality control ในการวิเคราะห์สารเมตาบอไลต์

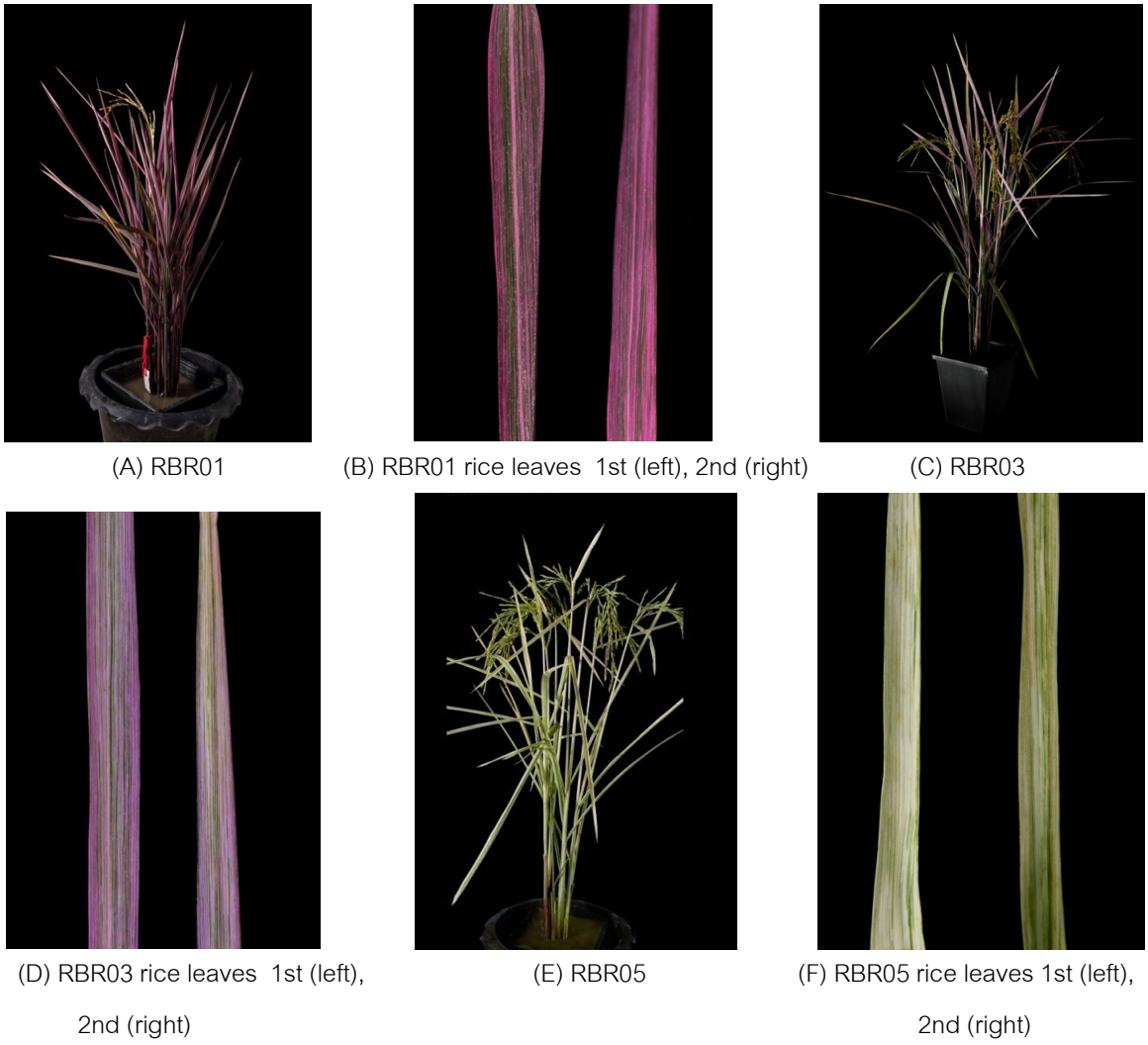
การเตรียมเครื่องมือวิเคราะห์ (Method Settings)

1. การเตรียมเครื่อง Ultra Performance Liquid Chromatography mass spectrometer (UHPLC-MS) (รุ่น Ultimate3000 , ยี่ห้อ DIONEX) Method Duration (min) : 20 , Ion Source : Ion Source Type H-ESI, Positive Ion (V) 3500, Negative Ion (V) 2500, Ion Transfer Tube Temp (^{o}C) 333, Vaporizer Temp (^{o}C) 317
2. MS Global Settings: Infusion Mode Liquid Chromatography, Expected LC Peak Width (s) 6

3. MS Scan: Detector Type Orbitrap, Orbitrap Resolutions 30000, Scan Range (m/z) 50-800, Mass Range 100–1500

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการจำแนกสารเมตาบอไลต์กลุ่มรงควัตถุที่สร้างสีสันภายในใบข้าว เนื่องจากใบข้าวสรรพสีมีการพัฒนาสายพันธุ์จากข้าวใบสีเขียวปกติให้มีสีสันนอกจากสีเขียว เช่น สีชมพู สีขาว โดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มมูลค่าสายพันธุ์ข้าวให้สามารถใช้งานได้ทุกส่วนนอกเหนือจากการกินเมล็ด ใบข้าวสรรพสีในงานวิจัยจะทำการปลูกในช่วงฤดูหนาว (ตุลาคม 2566–มกราคม 2567) อายุเก็บเกี่ยวใบข้าวประมาณ 85–90 วัน โดยจะทำการเก็บตัวอย่างใบข้าวตำแหน่งใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) (Fig. 1A, 1C, 1E)เนื่องจากงานวิจัยต้องการหาความเปลี่ยนแปลงของสาร เมตาบอไลต์ที่ส่งผลให้เกินการเปลี่ยนแปลงของสีใบและใบรองใบธงใบที่ 1 และ 2 มีการเจริญเติบโตเต็มที่มีสีสันที่ชัดเจนในการเปรียบเทียบระหว่างใบจึงเหมาะต่อการนำมาวิจัย (Fig. 1B, 1D, 1F)



(A) RBR01 (B) RBR01 rice leaves 1st (left), 2nd (right) (C) RBR03

(D) RBR03 rice leaves 1st (left), 2nd (right) (E) RBR05 (F) RBR05 rice leaves 1st (left), 2nd (right)

Fig. 1 Physical characteristics of stems and leaves RBR01 (cherry-red) A-B, RBR03 (pink-white-green) C-D (Vannavichit, 2016)

จากการวิจัยหาสารเมตาบอไลต์(รงควัตถุให้สี) ในใบข้าวสรรพสี 01(ชมพู), 03(ชมพู-ขาว-เขียว), 05(ขาว-เขียว) ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography - Orbitrap Mass Spectrometry พบกลุ่มสารสำคัญ เช่น Vitamine, Phenols, Flavoniods, Lipid and Fatty acid, Carotenoids, Steroids, Terpenoids, Ketone,และสารกลุ่มอื่นๆ สำหรับกลุ่มสารเมตาบอไลต์ที่เป็นรงควัตถุให้สีจะพบสารในกลุ่ม Flavoniods และ Quinones เป็นหลัก ซึ่งสารเมตาบอไลต์แต่ละชนิดมีการแสดงออกของสีสันที่ต่างกัน โดยจะอยู่นอกเหนือจากสารกลุ่ม chlorophyll ที่มีสีเขียวเป็นหลัก เพื่ออธิบายสีสันที่แสดงออกของใบข้าวสรรพสีที่มีสีสันแตกต่างกันจึงจำเป็นต้องแบ่งชนิดและปริมาณเพื่ออธิบายเหตุผลของความแตกต่างสีใบอย่างมีนัยสำคัญ

Flavoniods

ฟลาโวนอยด์ เป็นกลุ่มของไฟโตเคมีคอล มีคุณสมบัติทางชีวเคมีและเภสัชวิทยาที่เป็นประโยชน์หลากหลาย โดยส่วนใหญ่พบในอาหารจากพืช เช่น ผลไม้ ผัก ชา ไวน์ เมล็ดพืช สมุนไพร เครื่องเทศ และธัญพืชทั้งเมล็ด ฟลาโวนอยด์เป็นเม็ดสีทางชีวภาพที่มีหน้าที่สร้างสีตั้งแต่สีแดงไปจนถึงสีน้ำเงินในดอกไม้ ผลไม้ และใบ (Hughes et al., 2008)

ฟลาโวนอยด์ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติกสองวงที่เชื่อมกันผ่านอะตอมคาร์บอนสามอะตอมซึ่งก่อตัวเป็นเฮเทอโรไซเคิลที่มีออกซิเจน โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์ที่แตกต่างกันทำให้มีสารประกอบฟลาโวนอยด์หลายประเภท (Verbeek et al., 2004)

ฟลาโวนอยด์เป็นกลุ่มสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีการกระจายอย่างกว้างขวางซึ่งมีลักษณะเฉพาะคือโครงสร้างเบนโซไพโรนทั่วไป ฟลาโวนอยด์ที่แตกต่างกันมากกว่า 4,000 ชนิดได้รับการอธิบายและจัดประเภทเป็นฟลาโวนอล ฟลาโวน ฟลาวาโนน ไอโซเฟลอะโวน คาเทชิน และแอนโธไซยานิดิน (Felgines et al., 2000) (Fig. 2)

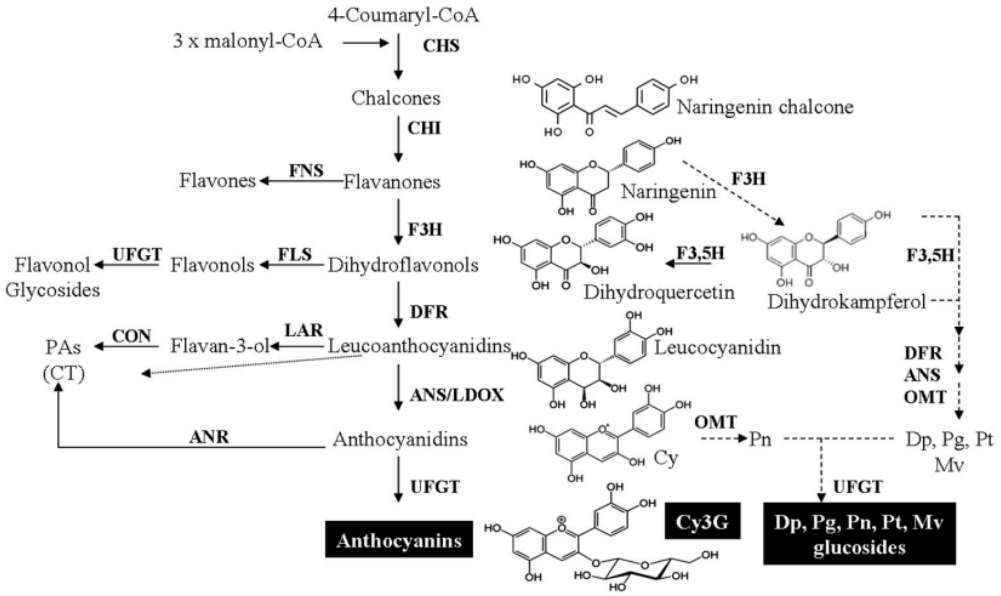


Fig. 2 Anthocyanin biosynthesis. Cy3G main steps and crossroads. See abbreviations section for the meaning of each term (Olivas-Aguirre et al., 2016)

Naringenin

นาริงเจนินเป็นฟลาโวนอยด์ชนิดหนึ่งที่พบใน vacuoles ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในเมตาบอไลต์รองของพืช นอกจากนี้ยังพบในแคลลัสของพืช (Fig. 3) เซลล์แขวนลอย และเนื้อเยื่อรวมทั้งดอกไม้ ใบ และผล (Murphy and Stutte, 1978) Ranjeva et al. ระบุว่ามีไอโซไซม์ 4-CL สามชนิดในเนื้อเยื่อของเพทูเนีย และนาริงเจนินยับยั้งกิจกรรมของไอโซไซม์เหล่านี้ ยังได้ระบุด้วยว่านาริงเจนินเป็นสารยับยั้ง 4-CL ที่มีประสิทธิภาพในหลอดทดลองในไซเลมของต้นสนล็อบลอลลี่ นาริงจิน ซึ่งเป็นอะกลีคอนของนาริงเจนิน พบในดอกไม้ ใบ และผลไม้ (Lewinsohn et al., 1986)

นาริงเจนินผลิตขึ้นตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด โดยเฉพาะในเกรปฟรุต และได้มีการศึกษากระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพในพืช Medicago ผักชีฝรั่ง และพืชอื่นๆ แต่ไม่ทราบว่ากระบวนการเดียวกันนี้เกิดขึ้นใน S. clavuligerus หรือไม่ หน่วยเริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์นาริงเจนินคือ 4-coumaroyl-CoA (Fig. 2) ซึ่งในพืชใบเลี้ยงคู่ได้มาจากฟีนิลอะลานีนโดยการทำงานของฟีนิลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส (PAL) สารประกอบนี้ถูกไฮดรอกซิเลตที่คาร์บอน 4 โดยซินนาเมต-4-ไฮดรอกซิเลส และถูกกระตุ้นโดยลิเกสที่ขึ้นกับ CoA (Kyndt et al., 2002) พืชใบเลี้ยงเดี่ยวอาจใช้ไทโรซีนเป็นสารตั้งต้นในการผลิตกรดพีคูมาริกโดยตรงโดยไม่ต้องใช้ซินนาเมต-4-ไฮดรอกซิเลส เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องซึ่งเข้ารหัสโดยยีน encP ตรวจพบใน Streptomyces maritimus และพบว่าสามารถแปลงฟีนิลอะลานีนเป็นกรดซินนามิกซึ่งจำเป็นต่อการสังเคราะห์เอนเทอโรซิน (Xiang and Moore, 2002) (Fig. 4)

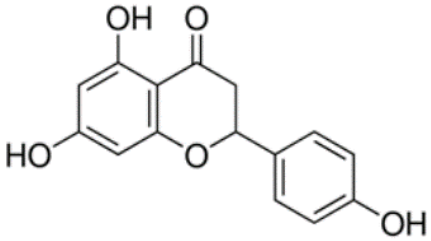


Fig. 3 Chemical structure of Naringenin (Shen, 2009)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Naringenin ในใบข้าวสรรพสี ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography - Orbitrap Mass Spectrometry (Fig. 4) ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้ Anova: Single Factor (*p*-value = 0.7912) ในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ใบข้าวเฉดสีชมพูมาก (RBR01) ปริมาณ Naringenin จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) เช่นเดียวกับใบข้าวสรรพสี RBR03 ซึ่งมีเฉดสีชมพูเป็นองค์ประกอบอยู่บางส่วน มีปริมาณ Naringenin จะเพิ่มขึ้นในใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) แตกต่างจากใบข้าวสรรพสีที่ไม่มีเฉดสีชมพู (RBR05 สีขาว) จะมีแนวโน้ม Naringenin ลดลง ในใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) เมื่อศึกษาจาก Anthocyanin biosynthesis (Fig. 2) พบว่า Naringenin จะเป็นส่วนหนึ่งของสารประกอบ Anthocyanin ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสีในเซลล์พืช ในใบข้าวสรรพสีที่มีปริมาณ Naringenin อยู่ในปริมาณมากจะมีแนวโน้มมีเฉดสีออกแดง-ชมพูได้ดีกว่าใบข้าวสรรพสีที่มีปริมาณ Naringenin น้อยกว่า เรียงลำดับจากมากไปน้อยตามลำดับ (RBR01 > RBR03 > RBR05)

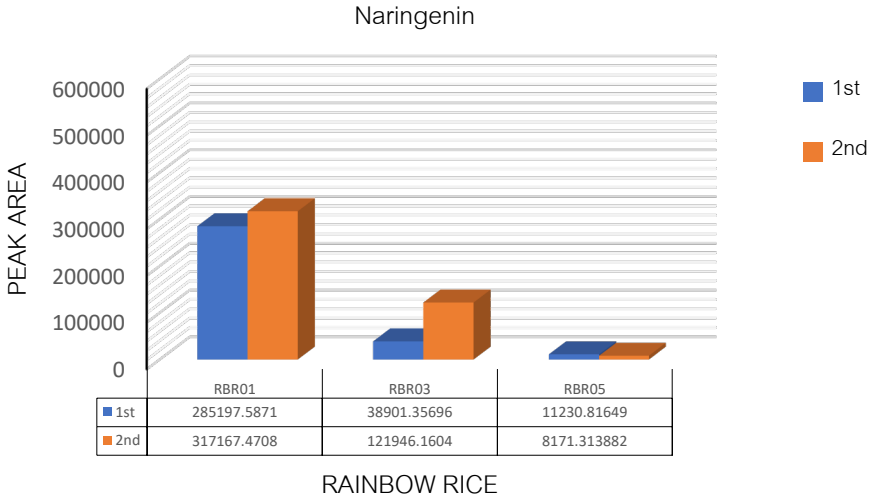


Fig. 4 Average quantity of Naringenin in RBR01, RBR03, RBR05

Quinones

สารประกอบกลุ่ม Quinones ที่พบในใบข้าวจัดเป็นสารประเภท Anthraquinones (Fig. 5) ซึ่งจะเป็นโมเลกุลที่เป็นสารสีโดยจะมีสีแตกต่างกันไปตามโครงสร้างโมเลกุลจึงส่งผลให้หากมีปริมาณมากจะแสดงออกทางกายภาพพืชให้มีสีสันตามโครงสร้างโมเลกุลของสารนั้นๆ หรืออาจมีการผสมผสานของสีโมเลกุลและทำให้สีที่พืชแสดงออกมามีสีสันที่ชัดเจนและสวยงาม อีกทั้งสารกลุ่ม Quinone ยังออกฤทธิ์เป็นตัว Antioxidant ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระส่งผลดีต่อการบริโภคและนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมต่างๆ

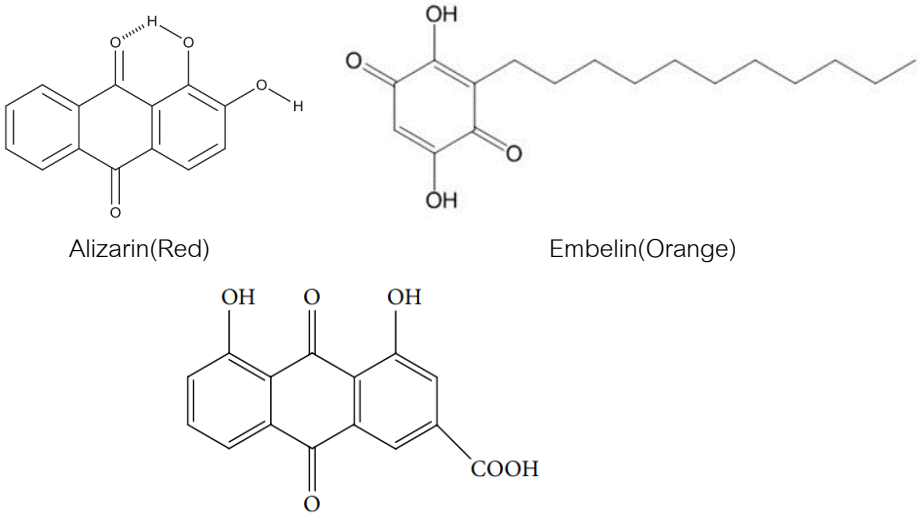


Fig. 5 Chemical structure of Quinone

Alizarin

Alizarin (1,2-dihydroxyanthraquinone; $C_{14}H_8O_4$) (Fig. 6) ปรากฏขึ้นเป็นสารแต่งสีธรรมชาติสังเคราะห์ตัวแรกในปี 1868 เมื่อ Carl Graebe และ Carl Liebermann (นักเคมีชาวเยอรมัน) ที่ทำงานให้กับ Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF) (De Santis et al., 2007) อะลิซารินเป็นสารประกอบแอนทราควิโนนที่ถูกกล่าวถึงในฐานะสารที่มีหน้าที่ใช้สอยและสีในอุตสาหกรรมอาหารและยา อะลิซารินมีโครงร่างแอนทราควิโนนซึ่งประกอบด้วยนิวเคลียสแอนทราซีนที่มีกลุ่มคาร์บอนิลสองกลุ่มที่ได้มาจากสารประกอบอินทรีย์อะโรมาติกไตรไซคลิก อะลิซารินมีรูปแบบสีที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ แบบที่มีโปรตอน 1 แบบ และแบบที่มีโปรตอน 2 แบบที่มีโปรตอนน้อยกว่า 1 แบบ ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบโมโนแอนไอออนิกและไดแอนไอออนิก รูปแบบที่เป็นกลางและไม่แตกตัวจะแบ่งตามค่าการดูดกลืนสูงสุดที่ตำแหน่ง 430 นาโนเมตร ในขณะที่รูปแบบโมโนแอนไอออนิก ค่าการดูดกลืนสูงสุดอยู่ที่ 530 นาโนเมตร ดังนั้น จึงแสดงการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเหลืองที่ค่า pH ที่เป็นกรดเป็นสีแดงที่ค่า pH เป็นกลาง และเป็นสีม่วงแดงที่ค่า pH ที่เป็นด่าง ซึ่งบ่งชี้ว่าเป็นสารแต่งสีธรรมชาติที่เหมาะสมที่จะใช้ในระบบตัวบ่งชี้ความสดของอาหาร (Ezati et al., 2019)

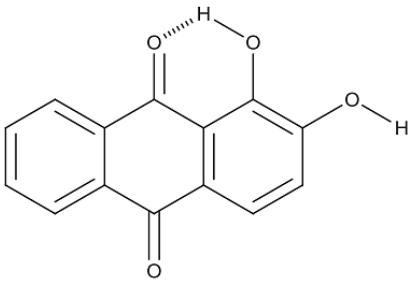


Fig. 6 Chemical structure of Alizarin (Red) (Manoharan et al., 2017)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Alizarin ในใบข้าวสรรพสี ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography - Orbitrap Mass Spectrometry (Fig. 7) ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้ Anova: Single Factor (*p*-value = 0.6421) ในใบรองใบธงใบที่ 1 (1^{st}) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2^{nd}) ใบข้าวเฉดสีชมพูมาก(RBR01) ปริมาณ Alizarin จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในใบรองใบธงใบที่ 2 (2^{nd}) เช่นดียวกับใบข้าวสรรพสี RBR03 ซึ่งมีเฉดสีชมพูเป็นองค์ประกอบอยู่บางส่วน มีปริมาณ Alizarin จะเพิ่มขึ้นในใบรองใบธงใบที่ 2 (2^{nd}) แตกต่างจากใบข้าวสรรพสีที่ไม่มีเฉดสีชมพู (RBR05 สีขาว) จะมีแนวโน้ม Alizarin ลดลง ในใบรองใบธงใบที่ 2 (2^{nd}) ซึ่งไม่แสดงออกทางกายภาพสี Alizarin จะเป็นส่วนหนึ่งของสารประกอบ Anthraquinones ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสีแดงในเซลล์พืช ในใบข้าวสรรพสีที่มีปริมาณ Alizarin อยู่ในปริมาณมากจะมีแนวโน้มมีเฉดสีออกแดง-ชมพูได้ดีกว่าใบข้าวสรรพสีที่มีปริมาณ Alizarin น้อยกว่า เรียงลำดับจากมากไปน้อยตามลำดับ (RBR01 > RBR03 > RBR05)

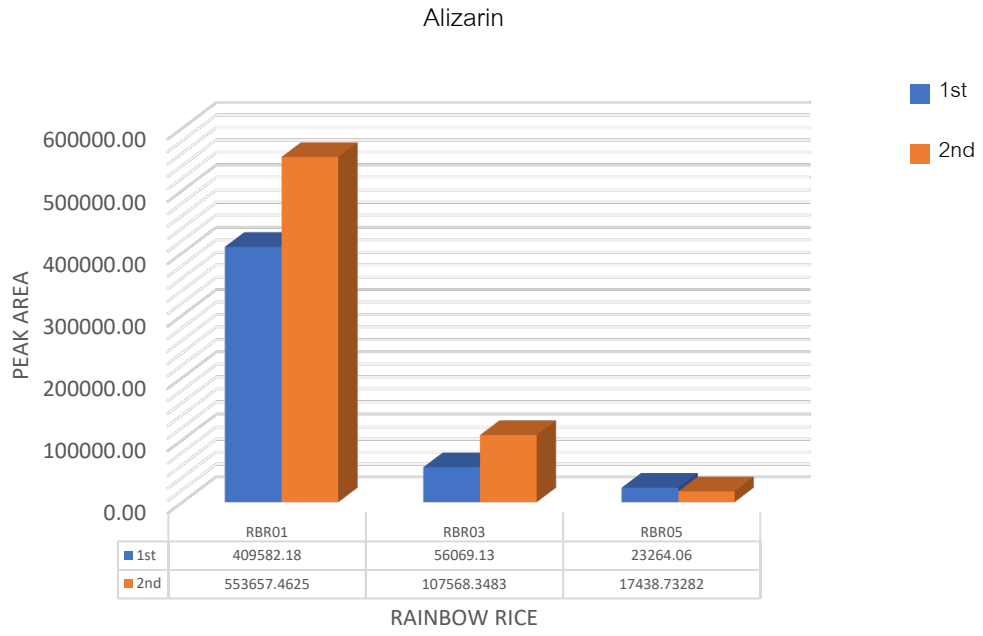


Fig. 7 Average quantity of Alizarin in RBR01, RBR03, RBR05

Embelin

Embelin (2,5-dihydroxy-3-undecyl-1,4-benzoquinone) (Fig. 8) เป็นแอนทราควิโนนลักษณะสีส้ม เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ออกฤทธิ์ได้มาจากพืช Embelia ribes Burm. Embelin ที่ได้จากพืช Embelia ribes Burm หรือที่เรียกอีกอย่างว่าพริกไทยดำเทียม ถูกนำมาใช้ในการรักษาไข้และโรคอักเสบ (Khare, 2020) นอกจากนี้ เอ็มเบลินยังใช้รักษาโรคทางเดินอาหารได้อีกด้วย (Othman et al., 2020) นอกจากนี้ เอ็มเบลินยังมีฤทธิ์ระงับปวดอีกด้วย เป็นสารประกอบที่ไม่เป็นพิษและได้รับความสนใจเพื่อใช้รักษามะเร็งหลายประเภท (Lee et al., 2017) (Fig. 8–9)

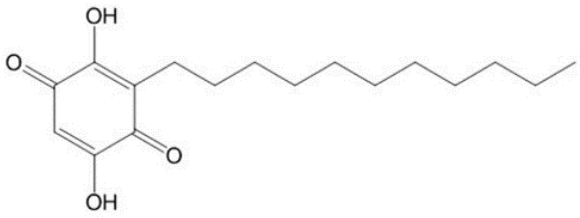


Fig. 8 Chemical structure of Embelin (Orange) (Ko et al., 2018)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Embelin ในใบข้าวสรรพสี ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography-Orbitrap Mass Spectrometry (Fig. 9) ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้ Anova: Single Factor (*p*-value = 0.6421) ในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ปริมาณ Embelin จะเพิ่มขึ้นมากในใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ในใบข้าวสรรพสี RBR01(ชมพู) และ RBR05(ขาว) แตกต่างจากข้าวสรรพสี RBR03(ชมพู-ขาว-เขียว) มีปริมาณ Embelin ใกล้เคียงกันทั้งในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) จากการสังเกตลักษณะใบข้าวสรรพสีเฉดสีส้มจะไม่มีการแสดงออกจนสามารถเห็น

ได้อย่างชัดเจน ดังนั้นปริมาณ Embelin ที่แตกต่างกันจากใบข้าวสรรพสีที่มีเฉดสีชมพู(RBR01,RBR03) และใบข้าวสรรพสีที่ไม่มีเฉดสีชมพู (RBR05 สีขาว) จะไม่มีส่งผลต่อการแสดงออกของสีบนใบข้าวสรรพสี

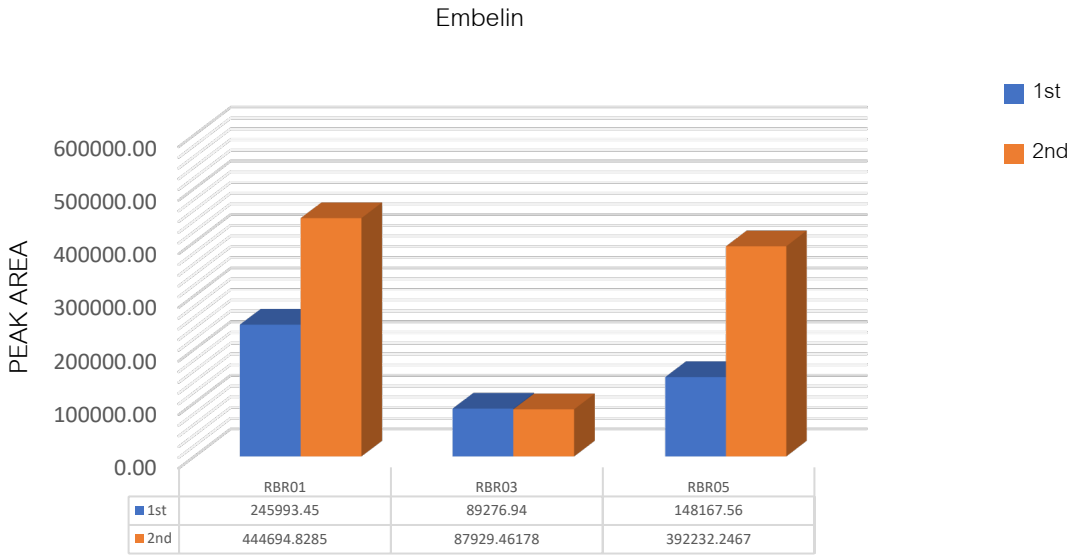


Fig. 9 Average quantity of Embelin in RBR01, RBR03, RBR05

Rhein

Rhein (4,5-dihydroxyanthraquinone-2-carboxylic acid) (Fig. 10) เป็นแอนทราควิโนนไลโปฟิลิกที่พบได้ทั่วไปในสมุนไพรสมุนไพร Rheum palmatum L., Cassia tora L., Polygo num multiflorum Thunb. และ Aloe barbadensis Miller เป็นต้น ลักษณะเป็นผงสีแดงเข้มสามารถใช้เป็นสีย้อมธรรมชาติได้ ใช้เป็นยาลดอาการท้องเสียและมีผลทางเภสัชวิทยาหลายประการ รวมถึงฤทธิ์ปกป้องตับ ปกป้องไต ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง และต้านจุลินทรีย์ (Guo et al., 2003)

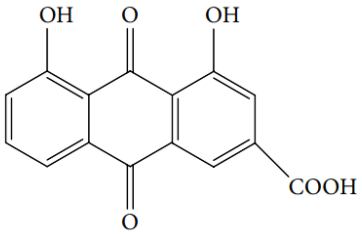


Fig. 10 Chemical structure of Rhein (Yellow) (Zhou et al., 2015)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Rhein ในใบข้าวสรรพสี ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography-Orbitrap Mass Spectrometry (Fig. 11) ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้ Anova: Single Factor (p-value = 0.6421) ในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ใบข้าวเฉดสีชมพูมาก(RBR01) ปริมาณ Rhein สูงในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) ส่วนในใบข้าวสรรพสี RBR03 ซึ่งมีเฉดสีชมพูเป็นองค์ประกอบอยู่บางส่วน มีปริมาณ

Rhein จะเพิ่มขึ้นในใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) แตกต่างจากใบข้าวสรรพสีที่ไม่มีเฉดสีชมพู (RBR05 สีขาว) แนวโน้ม Rhein จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd)ซึ่งไม่แสดงออกทางกายภาพสี Rhein จะเป็นส่วนหนึ่งของสารประกอบ Anthraquinones ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสีเหลืองในเซลล์พืช ในใบข้าวสรรพสีที่มีปริมาณ Rhein อยู่ในปริมาณมากจะมีแนวโน้มมีเฉดสีออกแดง-ชมพูได้ดีกว่าใบข้าวสรรพสีที่มีปริมาณ Rhein น้อยกว่า เรียงลำดับจากมากไปน้อยตามลำดับ (RBR01 > RBR03 > RBR05)

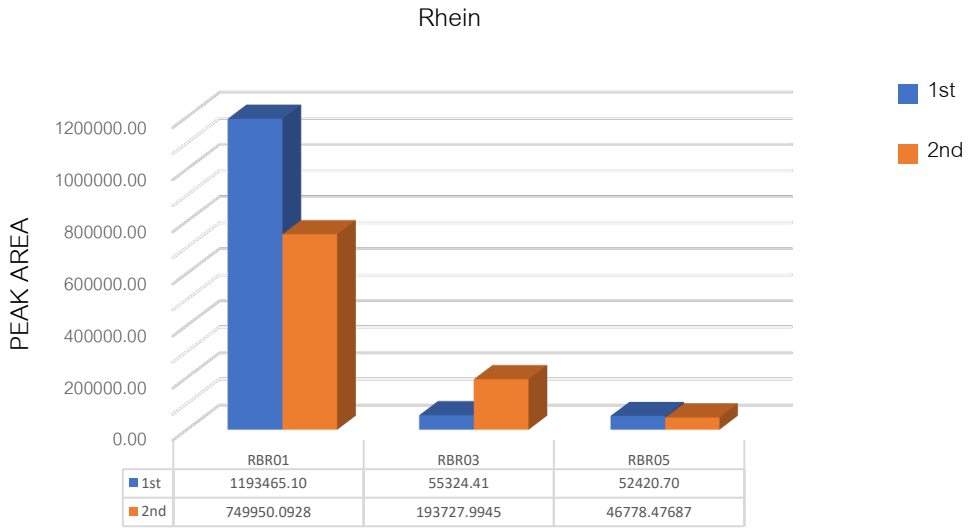


Fig. 11 Average quantity of Rhein in RBR01, RBR03, RBR05

สรุป

จากการศึกษาสารเมตาบอไลต์ที่ให้สีในใบข้าวสรรพสี RBR01(ชมพู), RBR03(ชมพู-ขาว-เขียว), RBR05(ขาว-เขียว) ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography-Orbitrap Mass Spectrometry พบว่ามีกลุ่มสารเมตาบอไลต์ที่ให้สีประกอบด้วย กลุ่มฟลาโวนอยด์ จะพบ Naringenin, กลุ่มQuinones จะพบ Alizarin, Embelin, Rhein ซึ่งสารเมตาบอไลต์ดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อการแสดงออกของสีใบข้าวสรรพสีซึ่งมีแนวโน้มส่วนใหญ่ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ในใบข้าวสรรพสี (RBR01) ซึ่งมีเฉดสีชมพูมากทั้งในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) จะพบกลุ่มสารเมตาบอไลต์ให้สีปริมาณมาก ในส่วนของข้าวสรรพสีที่มีเฉดสีชมพูอยู่เล็กน้อย (RBR03) ทั้งในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) จะพบกลุ่มสารเมตาบอไลต์ให้สีปริมาณอยู่ในระดับไม่มากเท่าใบข้าวสรรพสีที่มีเฉดสีชมพูมากกว่า และในใบข้าวสรรพสีที่ไม่มีเฉดสีชมพูอยู่ในใบจะพบว่าทั้งในใบรองใบธงใบที่ 1 (1st) และใบรองใบธงใบที่ 2 (2nd) จะพบกลุ่มสารเมตาบอไลต์ให้สีปริมาณอยู่ในระดับน้อยมาก ทั้งนี้หากไม่นับรวมการศึกษาปริมาณสาร Anthocyanin ที่มีการให้สีในใบข้าวสรรพสี การศึกษาในครั้งนี้จะช่วยอธิบายความแตกต่างของการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวให้มีความหลากหลายทางสายพันธุ์และช่วยอธิบายความแตกต่างของการแสดงออกของสีใบในใบข้าวสรรพสีที่มีสีสันแตกต่างจากข้าวปกติได้อย่างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

Santis, D.D., Moresi, M. 2007. Production of alizarin extracts from Rubia tinctorum and assessment of their dyeing properties. 26: 151–162. Ind. Crop. Prod. 26: 151–162

Ezati, P., Tajik, H., Moradi, M., Molaei, R. 2019. Intelligent pH-sensitive indicator based on starch-cellulose and alizarin dye to track freshness of rainbow trout fillet. Int. J. Biol. Macromol. 132: 157–165.

Felgines, C., Texier, O., Morand, C., Scalbert, A., Régerat, F. Rémésy, C. 2000. Bioavailability of the flavanone naringenin and its glycosides in rats. Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. 279: G1148–G1154.

Guo, M.-z., Li, X.-s. D.-m., Guan, X.-q., Xu, H.-r., Gao, J. 2003. Effect of Rhein on the development of hepatic fibrosis in rats. Zhonghua Gan Zang Bing Za Zhi 11: 26–29.

Hughes, L.A.E., Arts, Ilja C.W., Ambergen, T., et al. 2008. Higher dietary flavone, flavonol, and catechin intakes are associated with less of an increase in BMI over time in women: A longitudinal analysis from the Netherlands Cohort Study. Am. J. Clin. Nutr. *88*: 1341–1352. doi:10.3945/ajcn.2008.26058

Khare, T., Palakurthi, S.S. Shah, B.M. Palakurthi, S., Khare, S. 2020. Natural product-based nanomedicine in treatment of inflammatory bowel disease. Int. J. Mol. Sci. 21: 3956.

Ko, J.-H., Lee, S.-G., Yang, W.M., Um, J.-Y., Sethi, G., Mishra, S., Shanmugam, M.K. Ahn, K.S. 2018. The Application of Embelin for Cancer Prevention and Therapy. Molecules, 23. doi:10.3390/molecules23030621

Kyndt, J., Meyer, T., Cusanovich, M., Van Beeumen, J.J.F.I. 2002. Characterization of a bacterial tyrosine ammonia lyase, a biosynthetic enzyme for the photoactive yellow protein. *512*(1-3), 240-244.

Lee, Y.J., Park, B.S., Park, H.R., Yu, S.B., Kang, H.M., Kim, I.R.J.E.t. 2017. XIAP inhibitor embelin induces autophagic and apoptotic cell death in human oral squamous cell carcinoma cells. *32*(11), 2371-2378.

Lewinsohn, E., Berman, E., Mazur, Y., Gressel, J. 1986. Glucosylation of exogenous flavanones by grapefruit (Citrus paradisi) cell cultures. Phytochem. 25: 2531–2535.

Manoharan, R.K., Lee, J.H., Kim, Y.G., Lee, J. 2017. Alizarin and chrysazin inhibit biofilm and hyphal formation by Candida albicans. Front. Cell. Infect. Microbiol. 7: 447. doi: 10.3389/fcimb.2017.00447

Murphy, J.B., Stutte, C.J. 1978. Analysis for substituted benzoic and cinnamic acids using high-pressure liquid chromatography. Anal. Biochem. 86: 220–228.

Olivas-Aguirre, F.J., Rodrigo-Garcia, J., Martinez-Ruiz, N.D., Cardenas-Robles, A.I., Mendoza-Diaz, S.O., Alvarez-Parrilla, E., Wall-Medrano, A. 2016. Cyanidin-3-O-glucoside: Physical-chemistry, foodomics and health effects. Molecules 21: 1264. doi: 10.3390/molecules21091264.

Othman, S.N.N., Lum, P.T., Sekar, M., Mazlan, N.A., Yusri, P.Z.S., Ghazali, N.F. 2020. Molecules of interest–embelin–a review. J. Teknol. 13: 3485–3493.

Shen, Y. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. J. Cereal Sci. 49: 106–111. doi: 10.1016/j.jcs.2008.07.010.

Szymanowska, U., Zlotek, U., Karas, M., Baraniak, B. 2015. Anti-inflammatory and antioxidative activity of anthocyanins from purple basil leaves induced by selected abiotic elicitors. Food Chem. 172: 71–77. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.09.043.

Vannavichit, A. 2016. โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวสรรพสี. 1–10

Verbeek, R., Plomp, A.C., van Tol, E.A., van Noort, J.M. 2004. The flavones luteolin and apigenin inhibit in vitro antigen-specific proliferation and interferon-gamma production by murine and human autoimmune T cells. Biochem. Pharmacol. 68: 621–629.

Xiang, L., Moore, B.S. 2002. Inactivation, complementation, and heterologous expression of encP, a novel bacterial phenylalanine ammonia-lyase gene. J. Biol. Chem. 277: 32505–32509.

Zhou, Y.X., Xia, W., Yue, W., Peng, C., Rahman, K., Zhang, H. 2015. Rhein: A review of pharmacological activities. Evid. Based Complement. Alternat. Med. 2015: 578107. doi: 10.1155/2015/578107.

การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์เปลือกไข่ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน

Investigating the utilization approach of eggshell products on the growth of melon

อัครเดช ตุ้มทอง, นภาพร พันธุ์กมลศิลป์*, เกียรติศักดิ์ สนศรี

Akkharadech Tumthong, Napaporn Phankamolsil*, Kiattisak Sonsri

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

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

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์เปลือกไข่ (eggshell products: ESP) มีโพแทสเซียม (K) สูง แต่มี pH และ EC สูงด้วย งานวิจัยนี้จึงศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จาก ESP และอัตราการใช้ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน ทำการบ่ม ESP กับชุดดินน้ำพอง (Grossarenic Haplustalfs) ในอัตรา 0%, 25%, 50%, 75%, และ 100% ของปริมาณ K ที่แนะนำสำหรับเมล่อน พบว่าเมื่อใช้ในอัตราสูงขึ้นค่า pH และEC_e สูงขึ้นจนไม่เหมาะสมต่อพืช จากนั้นจึงกำหนดอัตรา ESP เพื่อปลูกเมล่อนไม่เกิน 50% ร่วมกับปุ๋ย K_2O ทดสอบการใช้ ESP/K_2O (%) อัตรา 0/0, 12.5/87.5, 25/75, 37.5/62.5, 50/50 และ 0/100 พบว่าอัตรา ESP/K_2O สูงขึ้นส่งผลต่อ pH และ EC_e เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูง และน้ำหนักแห้งของเมล่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตรา 25/75 และ 37.5/62.5 สามารถใช้เป็นแหล่ง K ได้เนื่องจากมีการเจริญเติบโตส่วนใหญ่ไม่แตกต่างจาก 0/100 ทั้งนี้การใช้ ESP เพื่อการปลูกเมล่อนที่ต้องการธาตุอาหารสูงในดินทรายควรหาแนวทางการใช้ที่เหมาะสมต่อไป เนื่องจากเมล่อนเริ่มเหี่ยวเฉาและทยอยตายลงหลัง 56 ของการย้ายปลูก

คำสำคัญ: ดินทราย, ผลิตภัณฑ์เปลือกไข่, โพแทสเซียม, เมล่อน

Abstract

Eggshell products (ESP) contain high potassium (K) but also high pH and EC. This research was thus conducted to investigate their utilization approach and appropriate rate for melon growth. ESP was incubated with Nam Phong soil series (Grossarenic Haplustalfs) using the following rates: 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% of the recommended potassium levels for melon. The results revealed that higher application rates of ESP significantly increased pH and EC levels, rendering the soil unsuitable for plant growth. Subsequently, the ESP rate of no more than 50% was applied in combination with K_2O fertilizer at ESP/K_2O ratios of 0/0, 12.5/87.5, 25/75, 37.5/62.5, 50/50, and 0/100. Higher ESP/K_2O ratios resulted in increased pH and EC_e, and significantly affected on stem diameter, plant height, and dry weight of melon. The ratios of 25/75 and 37.5/62.5 could be used for K source due to no significant difference of most growth parameters from 0/100 ratio. However, using ESP for melon cultivation that requires high amount of nutrients in sandy soils, it requires further investigation of optimal approach since the melon began wilting and gradually dying approximately 56 days after transplanting.

Keywords: Eggshell products, Melon, Potassium, Sandy soils

คำนำ

โลกในยุคปัจจุบันเป็นสังคมที่มีความต้องการด้านอาหารสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการผลิตอาหารเพื่อตอบสนองความต้องการมนุษย์นั้นมีความยากมากขึ้น เนื่องจากสภาพแวดล้อมในปัจจุบันกำลังเผชิญกับปัญหาที่ทั่วโลกต้องตระหนักถึงกล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอย่างรุนแรง เช่น มีฤดูแล้งที่ยาวนานมากขึ้น น้ำท่วม ซึ่งส่งผลต่อภาคการเกษตรและการผลิตอาหาร ดังนั้นจึงมีการเสนอโมเดลเศรษฐกิจ BCG (BCG Economy Model) สำหรับนำมาประยุกต์ใช้เพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าว โดยโมเดลเศรษฐกิจนี้มีความเกี่ยวข้องกับการนำทรัพยากรที่เหลือจากกระบวนการผลิตกลับมาใช้ใหม่ ลดของเสียให้เหลือน้อย และสร้างความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2562)

เปลือกไข่เป็นหนึ่งในของเหลือใช้จากอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยมีประมาณ 65.5 ล้านตันต่อปี และคาดการว่าในปี พ.ศ. 2573 ทั่วโลกจะมีเปลือกไข่ถึง 90 ล้านตัน (Vandeginste, 2021) การหาแนวทางในการใช้ประโยชน์จากของเหลือใช้ดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้นจึงนำมาสู่การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการเกษตรจากเปลือกไข่โรงฟักที่สนับสนุนนโยบายโมเดลเศรษฐกิจ BCG โดยมีการแปรรูปเปลือกไข่ด้วยการใช้สารเคมีที่มีสมบัติเป็นด่างจัดเพื่อย่อยโปรตีนที่อยู่ในเปลือกไข่ จากนั้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C บดให้เป็นผง ได้เป็นผลิตภัณฑ์เปลือกไข่ (eggshell products: ESP) ที่สามารถช่วยลดปริมาณขยะจากเปลือกไข่และแก้ปัญหากลิ่นเหม็นจากการย่อยสลายของโปรตีนที่มีการจัดการไม่ถูกวิธี

หลังจากได้ ESP แล้ว การศึกษาในครั้งนี้จึงมีแนวคิดในการนำ ESP มาใช้ในการผลิตพืช เนื่องจาก ESP ที่ได้นอกจากมีปริมาณโพแทสเซียมที่ติดมาจากการแปรรูปสูงแล้ว เปลือกไข่ยังมีองค์ประกอบของแคลเซียมสูงด้วย โดยจากการศึกษาก่อนหน้าเกี่ยวกับการใช้เปลือกไข่เป็นแหล่งธาตุอาหารแก่พืช พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกไข่ส่งผลต่อความสูง และน้ำหนักแห้งของต้นพริกเพิ่มขึ้น (Anugrah et al., 2021) และยังมีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางผล และน้ำหนักผลผลิตของมะเขือเทศเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Nursayuti et al., 2023) อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีการศึกษาที่แน่ชัดในประเด็นดังกล่าวกับการผลิตเมล่อนซึ่งเป็นหนึ่งในพืชที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ผนวกกับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเบื้องต้นของ ESP ที่พบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมสูง (2.52%) แต่อาจมีข้อจำกัดเนื่องจากมีค่าพีเอชสูง (pH, 10.04) มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงซึ่งใช้บ่งบอกความเค็มที่อยู่ในระดับเค็มมาก (EC, 10.69 dS/m) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์เปลือกไข่ รวมทั้งอัตราการใช้ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน ซึ่งการศึกษาในประเด็นดังกล่าวจะช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จาก ESP ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาอัตราที่เป็นไปได้ในการใช้ ESP เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช

ดำเนินการศึกษาโดยการทดลองบ่มดินร่วมกับ ESP (incubation experiment) โดยใช้ชุดดินน้ำพอง (Grossarenic Haplustalfs) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน และค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ทำการชั่ง ESP ใส่ถุงชา อัตราส่วน 0%, 25%, 50%, 75%, และ 100% ของปริมาณโพแทสเซียมที่แนะนำสำหรับเมล่อน คือ 27.2 กรัม/ต้น (Haifa Negev technologies LTD, 2024) จากนั้นนำ ESP ที่ใส่ถุงชาแต่ละอัตราส่วนมาทำการบ่มร่วมกับดินปริมาณ 250 กรัมใน microcosm (ทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละอัตราส่วน) แล้วเติมน้ำปราศจากไอออน (deionized water, DI) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ซึ่งในทุกสัปดาห์ทำการเติมน้ำ DI ให้แต่ละ microcosm มีน้ำหนักใกล้เคียงสัปดาห์แรก (± 0.04 กรัม) ทำการทดลองบ่มดินร่วมกับ ESP ทั้งหมด 4 สัปดาห์ เมื่อครบ 4 สัปดาห์ทำการล้าง

ถุงชาโดยล้างให้น้ำยังอยู่ในแก้วบ่มดิน ผึ่งดินในร่มให้แห้งแล้วนำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ pH ของดินโดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (Soil Survey Staff, 2014) และวิเคราะห์สภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ซึ่งวัดด้วยเครื่อง EC meter (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) จากนั้นนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลง pH และEC_e ที่ได้มากำหนดอัตรา ESP ที่เป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นแหล่งโพแทสเซียมร่วมกับปุ๋ยเคมีโดยเน้นที่ปุ๋ยโพแทสเซียมในการปลูกเมล่อน

2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผลิตภัณฑ์เปลือกไข่เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชในการปลูกเมล่อน

หลังจากการศึกษาอัตราที่เป็นไปได้ในการใช้ ESP เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช นำอัตราที่เป็นไปได้ใช้เป็นอัตราสูงสุดร่วมกับอัตรา K_2O ให้เทียบเท่ากับความต้องการโพแทสเซียมของเมล่อน 27.2 กรัม K_2O/ต้น และทุกตำรับการทดลองได้รับปริมาณธาตุอาหารที่เท่ากันโดยมีความต้องการธาตุอาหารดัง Table 1 ยกเว้นแคลเซียม เนื่องจากทุกตำรับการทดลองใส่ ESP น้ำหนักเพิ่มขึ้นถึงอัตราสูงสุด จึงส่งผลให้มีแคลเซียมจาก ESP ไม่เท่ากันและมากกว่า 14.4 กรัม CaO /ต้น เมื่อได้อัตราเรียบร้อยทำการผสมคลุกเคล้ากับชุดดินน้ำพองจำนวน 10 กิโลกรัม นำต้นกล้าเมล่อนอายุ 14 วันย้ายปลูก แล้วดำเนินการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุกๆ 2 สัปดาห์ ได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นวัดที่ตำแหน่งใบเลี้ยงคู่แรก และความเขียวใบจากใบที่คลี่บานเต็มที่ 2 ใบ ใบละ 3 ซ้ำ วัดในช่วงเวลา 8.00–10.00 น. (Yadava, 1986; Loh et al., 2002) เมื่อเมล่อนครบ 75–78 วันหลังย้ายปลูก ดำเนินการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วแยกชิ้นส่วนเมล่อน ได้แก่ ลำต้น ใบ และผล แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อหามวลชีวภาพแห้ง ในขณะเดียวกันสุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อวิเคราะห์ pH, EC_e, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ตามวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1996), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และโพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งสกัดด้วยสารละลาย 1 N ammonium acetate (NH_4OAc) pH 7.0 และวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS) (Thomas, 1982)

Table 1 Nutrient requirements of melon

Nutrient requirement (g/plant)				
Total N	P_2O_5	K_2O	MgO	CaO
16.8	12	27.2	4.4	14.4

Source: Adapted from Haifa Negev technologies LTD, (2024)

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดสอบความแปรปรวนทางสถิติ (One-way ANOVA) ของข้อมูลต่างๆ และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Honestly significant difference (Tukey's test; HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วย R program (Graphical User Interface: RGui) เวอร์ชัน 4.4.1

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.การเปลี่ยนแปลงของค่า pH และ EC_e ของดินภายหลังการบ่มดินด้วย ESP

การเปลี่ยนแปลงของค่า pH และ EC_e ของดินภายหลังการบ่มดินด้วย ESP แสดงดัง Fig. 1 โดยพบว่าค่า pH และ EC_e ของดินในทั้ง 4 สัปดาห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) ซึ่งโดยทั่วไปมีค่า pH และ EC_e

ของดินเพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ ESP ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่มีการใช้ ESP นอกจากนี้ยังพบว่าค่า pH และ EC_e ของดินมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 1 มีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 2 จากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 โดยมี pH ในตำรับการทดลอง 0%, 25%, 50%, 75%, และ100% อยู่ในช่วง 6.37–6.56, 8.84–9.23, 9.59–9.90, 9.75–10.07, และ9.80–10.16 ตามลำดับ (Fig. 1A) ทั้งนี้คาดว่าเนื่องจาก ESP มีสมบัติเป็นด่างจัดและมีองค์ประกอบของ $CaCO_3$ มีสมบัติคล้ายคลึงกับปูนทางเกษตรจึงสามารถยกระดับ pH ขึ้นมาได้ นอกจากนี้การใช้เปลือกไข่บดสามารถยกระดับ pH ดินกรดได้ (Sebonela et al., 2024) ในส่วนของค่า EC_e ของดินพบว่าอยู่ในช่วง 0.32–0.34, 2.62–2.77, 5.35–5.56, 7.45–8.06, และ8.99–10.40 dS/m ตามลำดับ (Fig. 1B) ซึ่งสอดคล้องกับ Carmo et al. (2016) รายงานว่าการใช้วัสดุอินทรีย์ที่มี pH และEC สูง เมื่อบ่มดินผ่านไปในระยะหนึ่งจะส่งผลให้ pH สูงทำให้เกิดการละลายของธาตุอาหาร เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม จึงส่งผลต่อ EC_e ในดินเพิ่มขึ้น

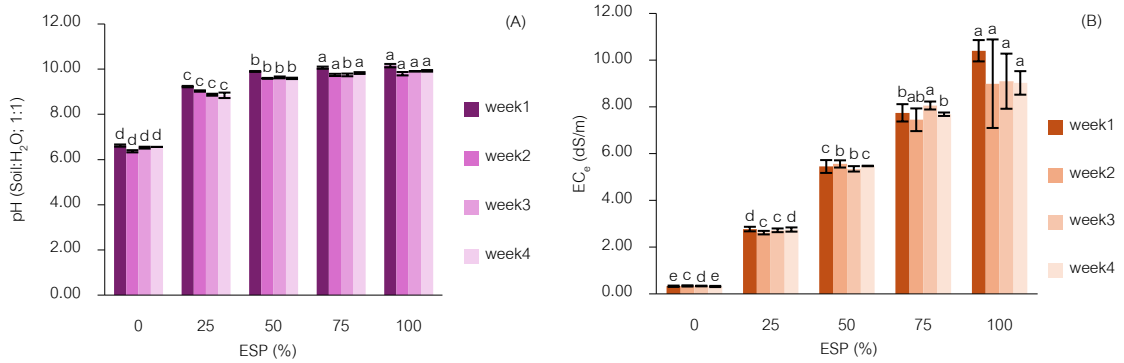


Fig. 1 The effect of ESP application on soil pH (A) and EC_e (B) over 4 weeks. The different lowercase letters indicate the statistically significant differences at $p<0.01$. Bars denote the standard deviation

จากการทดลองดังกล่าวข้างต้น จึงกำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์เปลือกไข่สูงสุดที่มีความเป็นไปได้ในการใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช คือไม่เกิน 50% ซึ่งให้ค่า EC_e อยู่ระหว่าง 5.35–5.56 dS/m และpH อยู่ระหว่าง 9.59–9.90 ซึ่ง EC_e และ pH ยังอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อต่อพืช จึงปรับอัตราส่วนการใช้ ESP ลงมาและใช้ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียม

2.ผลของอัตรา ESP ต่อ K_2O ที่ส่งผลในการเจริญเติบโตของเมล่อน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า pH และ EC_e ของดินภายหลังการบ่มดินด้วย ESP จึงกำหนดอัตรา ESP ต่อ K_2O (%) เพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของเมล่อน ได้ 6 ตำรับการทดลอง ดังนี้ 1) 0/0 (ควบคุม), 2) 12.5/87.5 (112 กรัม/ 23.80 กรัม), 3) 25/75 (224 กรัม/ 20.40 กรัม), 4) 37.5/62.5 (336 กรัม/ 17.00 กรัม), 5) 50/50 (448 กรัม/ 13.59 กรัม), และ 6) 0/100 (0 กรัม/ 27.2 กรัม) สำหรับผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1. ผลของอัตรา ESP ต่อ K_2O ที่ส่งผลในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และความสูงของเมล่อน

อัตรา ESP/K_2O ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และความสูงของเมล่อนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.01$ และ <0.05 (Fig. 2) โดยอัตรา 25/75 มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและความสูงมากที่สุดที่อายุ 56 วันหลังย้ายปลูก แต่ไม่แตกต่างจากอัตรา 12.5/87.5, 37.5/62.5, และ0/100 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Anugrah et al. (2020) รายงานว่าการใส่เปลือกไข่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์และสร้างความแข็งแรงให้กับลำต้นทำให้ส่งผลต่อความสูงของพืช นอกจากนี้ความเข้มข้นของแคลเซียมยังส่งผลต่อเส้นผ่าน

ศูนย์กลางลำต้นพืช ในขณะที่ความเข้มข้นแคลเซียมสูงเกินความต้องของพืชจะยับยั้งการเจริญเติบโต (Weng et al., 2022) และปริมาณโพแทสเซียมของ ESP/K_2O ยังส่งผลต่อความสูงของพืชเช่นกัน เนื่องจากโพแทสเซียมมีหน้าที่ช่วยในการสังเคราะห์แสงและเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่ใช้ในการพัฒนาด้านการเจริญเติบโต (อภิวัฒน์ และคณะ, 2563) ขณะที่อัตรา 50/50 ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและความสูงต่ำที่สุด คาดว่าเกิดจากการใส่ ESP ที่มี pH สูง มีผลต่อการละลายธาตุอาหารต่างๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ออกมาในสารละลายดิน (Carmo et al., 2016) รวมทั้งผลที่เกิดจากค่า EC_e ที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อพืช

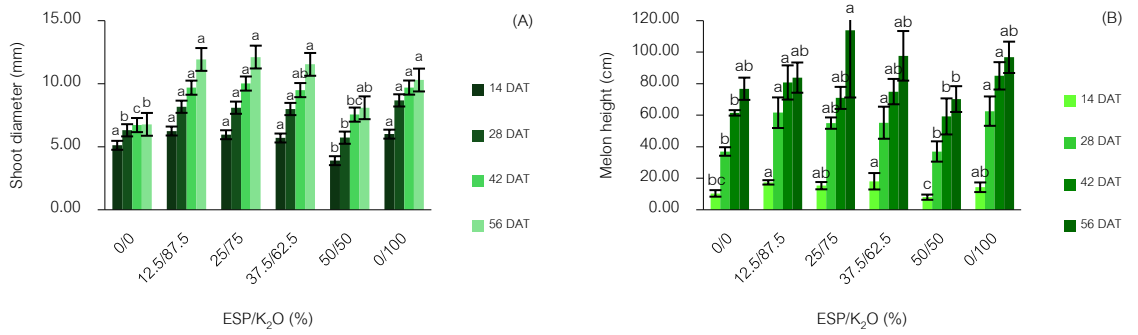


Fig. 2 Effect of the ESP/K_2O ratio on shoot diameter (A) and height (B) of melon. The different lowercase letters indicate the statistically significant differences at $p<0.01$ or 0.05. Bars denote the standard deviation

2.2 ผลของอัตรา ESP ต่อ K_2O ที่ส่งผลในด้านความเขียวใบ น้ำหนักแห้งลำต้นและใบของเมล่อน

ค่าความเขียวใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อมีการใช้ ESP/K_2O โดยเฉพาะที่อัตรา 37.5/62.5 และ 0/100 ซึ่งให้มีค่าที่สูงสุดเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (0/0) ส่วนอัตรา 50/50 ให้ค่าความเขียวใบต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับอัตราอื่นๆ (Fig. 3A) นอกจากนี้อัตรา 25/75 และ37.5/62.5 มีผลต่อน้ำหนักแห้งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) ทั้งใบและลำต้น ส่วนอัตรา 0/100 มีความแตกต่างเล็กน้อยกับอัตรา 25/75 และอัตรา 50/50 มีน้ำหนักแห้งลดลงเมื่อเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (Fig. 3B) สอดคล้องกับ Anugrah et al. (2021) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้วัสดุอินทรีย์เปลือกไข่ส่งผลต่อน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากแคลเซียมมีส่วนช่วยในการแบ่งเซลล์พืช นอกจากนี้โพแทสเซียมส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้มีค่าความเขียวใบ และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น (อภิวัฒน์ และคณะ, 2563; ธิดารัตน์ และคณะ, 2566)

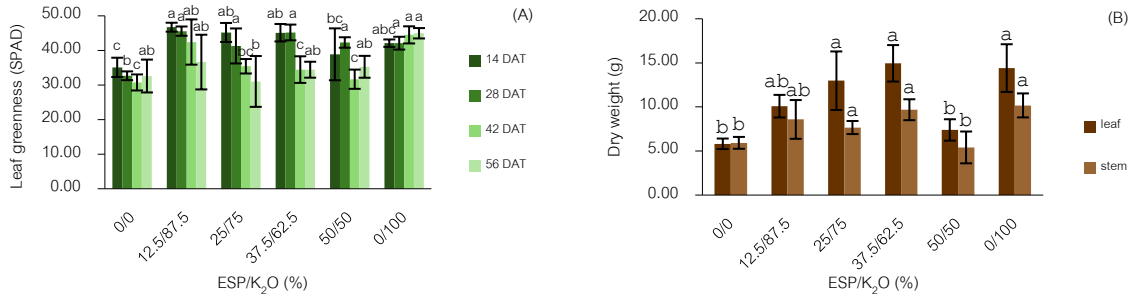


Fig. 3 Effect of the ESP/K_2O ratio on leaf greenness (A) and dry weight (B) of melon. The different lowercase letters indicate the statistically significant differences at $p<0.01$ or 0.05. Bars denote the standard deviation

2.3 ผลของอัตรา ESP ต่อ K_2O ต่อการเปลี่ยนแปลง pH และEC_e ของดินหลังปลูก

เมื่อเพิ่มอัตรา ESP/K_2O ทำให้มี pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01; Fig. 4A) โดยเฉพาะในอัตรา 50/50 ที่ส่งผลให้ pH ของดินสูงที่สุด (7.56) ซึ่งสอดคล้องกับ Vu et al. (2022) รายงานว่าการเพิ่มอัตราการใช้ผงเปลือกไข่ส่งผลต่อ pH สูงขึ้น เนื่องจากมีองค์เป็นของ $CaCO_3$ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ใช้อัตรา 0/100 ส่งผลให้ค่า pH ของดินต่ำที่สุด (6.10) โดยมีค่าต่ำกว่า pH ของดินเริ่มต้นเล็กน้อยเพราะปุ๋ยเคมีที่ใช้ไม่มีสารที่มีความเป็นปูนเป็นองค์ประกอบ และโดยทั่วไปการใช้ปุ๋ยเคมีอาจส่งผลกระทบต่อปฏิกิริยาดินให้เป็นกรดได้โดยเฉพาะปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ที่เกิดการสูญเสียไนโนเจนในรูปก๊าซขึ้นสู่บรรยายและเหลือไฮโดรเจนไอออนไว้ในดิน (Fathima Jisna et al., 2021) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราของ ESP/K_2O ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง EC_e เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01; Fig. 4B) ตั้งแต่อัตราส่วน 12.5/87.5, 25/75, 37.5/62.5, 50/50, และ0/100 มีค่า EC_e อยู่ที่ 2.09, 1.96, 2.49, 2.44, และ2.78 dS/m ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (Fig. 4B) เนื่องจากสมบัติเบื้องต้นของ ESP มีองค์ประกอบของแคลเซียม แมกนีเซียม มีค่า EC สูง เมื่อระยะผ่านไปเวลาส่งผลให้มีการสารละลายออกมาในสารละลายดินส่งผลต่อ EC_e เพิ่มขึ้น (Carmo et al., 2016)

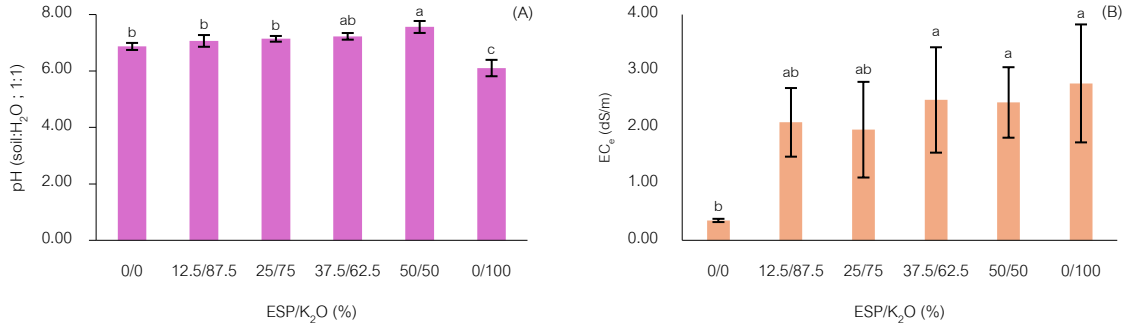


Fig. 4 Effect of ESP/K_2O ratio on changes in pH (A) and EC_e (B) of soil after harvesting. The different lowercase letters indicate the statistically significant differences at p<0.01. Bars denote the standard deviation

2.4 ผลของอัตรา ESP ต่อ K_2O ต่อการสะสมไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, โพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการเก็บเกี่ยวเมล่อนอายุ 56 วันหลังย้ายปลูก

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินซึ่งอยู่ในช่วง 368.41–434.80 mg/kg ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Fig. 5A) ซึ่งคาดว่าเกิดจากสูญเสียโดยพืชดูดใช้ในกระบวนการต่างๆ และผลจาก pH ในดิน (Fig. 4A) ดินที่เป็นด่างหรือ pH สูงกว่า 7 จะมีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนีย แต่ในสภาพดินที่มี pH ต่ำกว่า 7 แอมโมเนียไฮดรอกไซด์จะเกิดการแตกตัวเป็นแอมโมเนียและน้ำก่อนจะระเหยออกไป (ยงยุทธ, 2557) และในดินที่มี pH 5 และ 6.5 เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูป N_2 มากกว่าดินที่มี pH 8 (Ma et al., 2021) อัตรา ESP/K_2O ที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลืออยู่ในดินมากขึ้น (p<0.01) คาดว่าเป็นผลจาก pH และEC_e ที่มากขึ้นจะส่งผลต่อการดูดใช้ฟอสฟอรัสของเมล่อนได้น้อยลงทำให้มีปริมาณคงเหลืออยู่ในดินมาก (Mindari et al., 2011) สำหรับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (0/0) (Fig. 5A) ปริมาณโพแทสเซียมที่หายไปอาจเกิดจากการดูดใช้ของเมล่อนและการชะล้างไปขณะรดน้ำเนื่องจากชุดดินน้ำพองมีเนื้อดินเป็นดินทรายเกิดการชะล้างได้ง่าย (Motesharezadeh et al., 2021) นอกจากนี้อัตราการใช้ ESP เพิ่มมากขึ้นทำให้มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01; Fig. 5B) ซึ่งสอดคล้องกับ Vu et al. (2022)

รายงานว่าผลของเปลือกไข่ที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลต่อความเข้มข้นของแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้นจากการปลดปล่อยออกมาจากเปลือกไข่

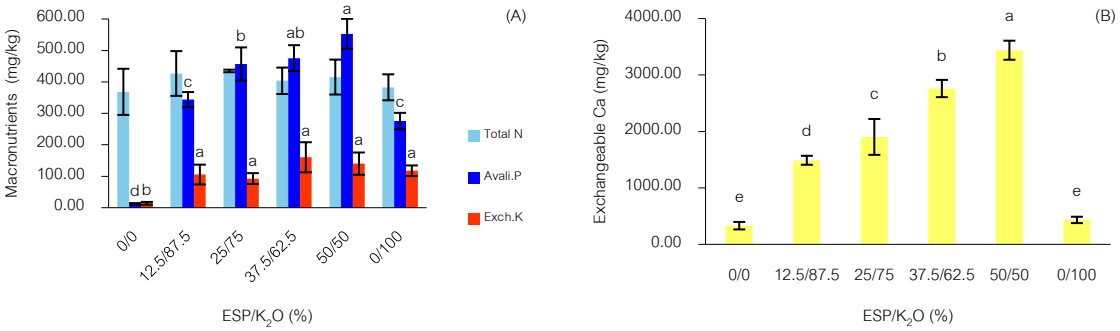


Fig. 5 Effect of ESP/K_2O ratio on total nitrogen, available phosphorus and exchangeable potassium (A) and exchangeable calcium (B) of soil after harvesting. The different lowercase letters indicate the statistically significant differences at $p<0.01$. Bars denote the standard deviation

สรุป

จากการบ่ม ESP ในชุดดินน้ำพอง ปริมาณ ESP ที่มากขึ้นส่งผลต่อ pH และEC_e เพิ่มขึ้น จึงกำหนดปริมาณ ESP ที่ใช้มากที่สุดคือ 50% และปรับอัตราการใช้ ESP ลดลงเพื่อใช้ร่วมกับ K_2O โดยมีการจัดการใส่ปุ๋ยแบบครั้งเดียวพร้อมปลูก อัตรา ESP/K_2O ที่สูงขึ้นส่งผลต่อ pH และEC_e เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังส่งผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูง และน้ำหนักแห้งของเมล่อนเพิ่มขึ้น พบว่าอัตรา 25/75 และ37.5/62.5 สามารถใช้เป็นแหล่งโพแทสเซียมได้เนื่องจากมีการเจริญเติบโตให้น้ำหนักแห้งลำต้น และใบไม่แตกต่างจากอัตรา 0/100 อย่างไรก็ตามเมื่อเมล่อนมีอายุได้ 56 วันหลังย้ายปลูก เริ่มมีลักษณะเหี่ยวเฉาและแห้งจากปลายยอดจนถึงโคนต้น ซึ่งเป็นไปได้ว่าเกิดจากปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอสำหรับพืชอายุยาวที่ต้องการธาตุอาหารมาก เช่น เมล่อน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ ESP ในพืชผักรับประทานใบที่มีอายุสั้น หรือพืชที่มีความต้องการโพแทสเซียมน้อยลงเพื่อลดปริมาณการใช้ ESP ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง pH และEC_e นอกจากนี้เนื่องจาก ESP มีค่า pH สูงมากจึงควรเลือกใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารโพแทสซียมในดินกรดซึ่งจะเป็นการแก้ปัญหาด้าน pH ของดินไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณแหล่งทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ภายใต้โครงการวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการเกษตรจากเปลือกไข่โรงฟักสนับสนุนนโยบายโมเดลเศรษฐกิจ BCG

เอกสารอ้างอิง

ธิดารัตน์ พะสุธา, ชัยสิทธ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, อัญธิชา พรมเมืองคุก, จุฑามาศ ร่มแก้ว, พงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย, ณัชชา ศรหิรัญ. 2566. การใช้ผงกากส่าโรงงานน้ำตาลเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ. 3: 73–83.

ยุงยุทธ โอสถสภา. 2557. รอบรู้เรื่องยูเรีย, พิมครั้งที่ 1. บริษัท เจียไต๋ จำกัด. กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2562. เติบโตอย่างมีคุณภาพ ใช้ชีวิตที่ยั่งยืน. https://www.bcg.in.th/, 10 ธันวาคม 2567.

อภิวัตน์ เชยสมบัติ, ปุญญิศา ตระกลูยิ่งเจริญ, กุมุท สังขศิลา. 2563. ผลของการลดปริมาณโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารของคะน้าที่ปลูกในทราย. วารสารวิทยาศาสตร์และการจัดการ. 3: 46–52.

Anugrah, R.D., Rafvenia, Meitiyani, Safahi, L. 2021. The effect of eggshell organic fertilizer on vegetative growth of cayenne pepper (*Capsicum frutescens* L). Earth Environ. Sci. 755: 012001. doi.10.1088/1755-1315/755/1/012001.

Bray, R.H., Kurtz, L.T. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Science. 59: 39–45. doi.org/10.1097/00010694-194501000-00006.

Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-Total. In: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Method. SSSA. ASA. Madison. 1085–1122.

Carmo, D.L., Lima, L.B., Silva, C.A. 2016. Soil fertility and electrical conductivity affected by organic waste rates and nutrient inputs. Rev. Bras. Cienc. Solo. 40: e0150152. doi.10.1590/18069657rbcs20150152.

Fathima Jisna, M., Nuskiya, M.H.F., Iyoob, A.L. 2021. The excessive use of chemical fertilizers and dynamic soil pH on agricultural land: The GIS-Based Inverse Distance Weighting (IDW). WNOFNS. 39: 113–129.

Haifa Negev technologies LTD. 2024. Growing melons with Haifa fertilizers. https://www.haifa-group.com/growing-melons-haifa-fertilizers, 4 December 2024.

Loh, F.C.W., Grabosky, J.C., Bassuk, N.L. 2002. Using the SPAD 502 meter to assess chlorophyll and nitrogen content of benjamin fig and cottonwood leaves. HortTechnology. 4: 682–686.

Ma, D., Wang, J., Xue, J., Yue, Z., Xia, S., Song, L., Gao, H. 2021. Effects of soil pH on gaseous nitrogen loss pathway via Feammox process. Sustainability.13: 10393. doi. org/10.3390/su131810393.

Mindari, W., Maroeto, Syekhfani. 2011. Maize tolerance to salinity of irrigation water. J. Trop. Soils. 16: 211–218. doi.10.5400/jts.2011.16.3.211.

Motesharezadeh, B., Bell, R.W., Ma, Q. 2021. Lime application reduces potassium and nitrate leaching on sandy soils (Die Kalkanwendung reduziert das Auswaschen von Kalium und Nitrat auf sandigen Böden). Journal für Kulturpflanzen. 73: 83–93. doi.10.5073/JfK.2021.03-04.03

Nursayuti, Susanti, R., Elfian., 2023. The effect of providing chicken manure and chicken egg shell powder on the growth and yield of tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) plant. IJLSAR. 2: 514–524. doi.org/10.55677/ijlsar/V02I12Y2023-06.

Sebonela, L.K., Elephant, D.E., Sithole, N.J. 2024. Eggshells improve soil pH and P availability in sandy loam and sandy clay loamy soil. Agronomy. 14: 2539. doi.org/10.3390/agronomy14112539.

Soil Survey Staff. 2014. Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 51. Version 2.0. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.

Thomas, G.W. 1982 Exchangeable Cations ed A L Page. R H Miller and D R Keeney (SSSA Book Series).159–165.

U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Determination of the properties of saline and alkali soils. In Richards. L.A. (Ed.). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Department of Agriculture Handbook No. 60. Washington. DC. USA. pp. 7–33.

Vandeginste, V. 2021. Food waste eggshell valorization through development of new composites: A review. Sustain. Mater. Technol. 29: e00317. doi.org/10.1016/j.susmat.2021.e00317.

Vu, N.T., Dinh, T.H., Le, T.T.C., et al. 2022. Eggshell powder as calcium source on growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea L.*). Plant Prod. Sci. 25: 413–420. doi.10.1080/1343943X.2022.2120506.

Weng, X., Li, H., Ren, C., Zhou, Y., Zhu, W., Zhang, S., Liu, L. 2022. Calcium regulates growth and nutrient absorption in poplar seedlings. Plant Sci. 13: 887098. doi.10.3389/fpls.2022.887098.

Yadava, U.L. 1986. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. HortScience. 6: 1449–1450.

ปริมาณสารอัลลีโลเคมิคอลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบของวัชพืชวงศ์ Asteraceae บางชนิด

Allelochemical contents and antioxidant properties of leaves extracts from some Asteraceous weeds

โชคชัย เย็นใจ, ทศพล พรพรหม, จำเนียร ชมภู*

Chokchai Yenjai, Tosapon Pornprom, Jamnian Chompoo*

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

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

บทคัดย่อ

วัชพืชเป็นศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงผลิตพืช แต่ในปัจจุบันมีรายงานการวิจัยใช้ประโยชน์จากวัชพืชในด้านต่าง ๆ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอัลลีโลเคมิคอลจากใบของวัชพืชวงศ์ Asteraceae บางชนิด ได้แก่ ก้นจ้ำขาว กระดุมทอง ขลู่ ตีนตุ๊กแก สาบแร้งสาบกา สาบเสือ และหนาดดอย ที่พบทั่วไปเป็นจำนวนมากในบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และศึกษาฤทธิ์เบื้องต้นในการต้านอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยา DPPH และ ABTS radical scavenging สำหรับเป็นข้อมูลเพื่อนำวัชพืชในวงศ์ Asteraceae นี้ไปใช้ประโยชน์เพื่อควบคุมวัชพืชต่อไป ผลการทดลองพบว่า สารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของวัชพืชทุกชนิดมีปริมาณของสาร total alkaloids, total flavonoids, total phenolics และ total saponins มากกว่าสารสกัดด้วยน้ำจากวัชพืชชนิดเดียวกัน โดยที่สารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของขลู่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH$^{\bullet}$ และ ABTS$^{\bullet}$ มากที่สุด เท่ากับ 71.34±0.78 และ 92.64±0.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดนี้มีปริมาณของสาร total flavonoids และ total phenolics มากกว่าสารสกัดจากใบของวัชพืชชนิดอื่น เท่ากับ 410.39±5.32 mg RE/g sample และ 1001.11±61.60 mg GAE/ g sample ตามลำดับ จากผลการทดลองสารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของขลู่จะมีการศึกษาผลทางอัลลีโลพาธีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชบางชนิดต่อไป

คำสำคัญ: ขลู่, สารสกัดด้วยเมทานอล, อัลลีโลพาธี

Abstract

Weeds are main pest in crop production fields. Nowadays, there are become interesting sources of researches to use for various aspects. The aims of this study were to analyze the amount of allelochemicals from leaves of some weeds in the Asteraceae family (including, *Bidens pilosa*, *Melampodium divaricatum*, *Pluchea indica*, *Tridax procumbens*, *Ageratum conyzoides*, *Chromolaena odorata* and *Anaphalis margaritacea*), they are usually found around Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus, Nakhon Pathom province. To investigate antioxidant properties (DPPH and ABTS radical scavenging) were done. As the results of this study were used for the information to continue utilization of weeds for controlling weed. The results showed that methanolic extracts from leaves of all weeds contained higher amounts of total alkaloids, total flavonoids, total phenolics and total saponins than water extracts from the same weeds. Whereas, the methanolic extract form leave of *Pluchea indica* presented high inhibitory capacities on DPPH$^{\bullet}$ and ABTS$^{\bullet}$ radical scavenging, with 71.34±0.78 and 92.64±0.39%, respectively. In addition, this extract was found to contain higher amount of total flavonoids and total phenolics than leaves extract of other weeds that were 410.39±5.32 mg RE/g sample and 1001.11±61.60 mg GAE/ g sample, respectively. As the results, the allelopathic effect of methanolic extract from *M. divaricatum* leaves on the germination and growth of some weeds should be tested.

Keywords: Allelopathy, Methanoilc extract, *Pluchea indica*

คำนำ

สารอัลลีโลเคมิคอล (allelochemicals) เป็นสารชีวเคมีที่พืชปลดปล่อยออกมา ส่งผลยับยั้งหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่อยู่รอบ ๆ (Putnum and Tang, 1986) ซึ่งสารเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารทุติยภูมิ เช่น สารกลุ่ม phenolics, flavonoids, terpenoids, alkaloids และ quinone เป็นต้น (Haig, 2006) สารเหล่านี้สามารถพบอยู่ในเนื้อเยื่อทุกส่วนของพืช ได้แก่ ใบ ลำต้น ราก เหง้า ดอก ผล และเมล็ด แม้กระทั่งละอองเกสรดอกไม้ (Rice, 1984) สารอัลลีโลเคมิคอลมีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชในกระบวนการต่าง ๆ เช่น การหายใจ การสังเคราะห์แสง สมดุลของฮอร์โมน การสังเคราะห์กรดไขมันและโปรตีน และเสถียรภาพของเซลล์ (Duke and Oilva, 2004; Einhelling, 2004; Zhou and Yu, 2006) ซึ่งปัจจุบันมีงานวิจัยมากมายที่สนใจศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารอัลลีโลเคมิคอลสำหรับควบคุมกำจัดวัชพืช ซึ่ง Wink and Latz-Brüning (1995) รายงานว่า สารกลุ่ม alkaloids สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ด้วยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ DNA polymerase I และ reverse transcriptase ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (protein biosynthesis) และทำให้เกิดการรั่วไหลของ membrane (membrane leakage) ส่วน Moreland and Navitzky (1987) พบว่า สารประกอบพวก phenolics สามารถแทรกแซงเข้าไปในส่วนของ mitochondria และ chloroplast membrane ของพืช มีผลในการขัดขวางการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในกระบวนการสร้างพลังงาน ATP ของพืช สำหรับ Treutter (2005) พบว่า สารกลุ่ม flavonoids สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชอื่นๆ ได้ ด้วยการยับยั้งกระบวนการสร้าง ATP ขัดขวางการทำงานของ auxin และยังสามารถกระตุ้นการเกิด Ca^{2+} signal ในระบบรากของพืช ทำให้พืชตายได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาปริมาณสารอัลลีโลเคมิคอลของสารสกัดด้วยน้ำจากใบของวัชพืชวงศ์ Asteraceae บางชนิด และทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการคัดเลือกชนิดของวัชพืชวงศ์ Asteracea ไปใช้ประโยชน์เพื่อควบคุม/กำจัดวัชพืช ซึ่งวัชพืชวงศ์ Asteraceae เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีจำนวนมากที่สุดในเขตอบอุ่น มีการกระจายพันธุ์ทั่วโลกพบได้ในพื้นที่เกือบทุกสภาพแวดล้อม แต่จะพบมากในพื้นที่เปิดโล่ง อากาศอบอุ่น ในประเทศไทยพบพืชวงศ์นี้ ประมาณ 260 ชนิด ซึ่งหลายชนิดมีความสำคัญทางเศรษฐกิจหรือทางด้านสมุนไพรและหลายชนิดที่ถูกขึ้นทะเบียนเป็นพืชรุกรานต่างถิ่น (พิมพ์วดี, 2555) นอกจากนี้ Araújo et al. (2021) ยังรายงานผลทางอัลลีโลพาธีของพืชวงศ์ Asteraceae หลายชนิด ได้แก่ *Artemisia, Ambrosia, Bellis, Bidens, Helianthus* และ *Tagetes* ซึ่งพบสารทุติยภูมิ เช่น terpenes, polyacetylenes, saponins, sesquiterpene lactones, phenolic acids และ flavonoids เป็นต้น ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชข้างเคียง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บและเตรียมตัวอย่างสารสกัดจากใบของวัชพืช

เก็บใบของวัชพืชวงศ์ Asteracea บางชนิด ในบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ได้แก่ ก้นจ้ำขาว (*Bidens pilosa* L.) กระดุมทอง (*Melampodium divaricatum* (Rich.) DC.) ขลู่ (*Pluchea indica* (L.) Less.) ตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens* L.) สาบแร้งสาบกา (*Ageratum conyzoides* L.) สาบเสือ (*Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H.) และ หนาดดอย (*Anaphalis margaritacea* L.) โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2567 ทำความสะอาดใบวัชพืชด้วยน้ำสะอาด ใส่ตะกร้าทิ้งไว้ให้แห้งหมาด นำไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นบดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยเครื่องปั่น นำผงบดน้ำหนัก 1 กรัม แช่ในน้ำและเมทานอล (ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บ่มไว้ในสภาพห้องแสงส่องผ่านในเวลากลางวันและมืดในเวลากลางคืน อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24

ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ได้เป็นสารสกัดด้วยน้ำและเมทานอลจากใบของวัชพืชวงศ์ Asteraceae ทำการเจือจางจากสารสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำและเมทานอล (80 เปอร์เซ็นต์) ให้ได้สารสกัดความเข้มข้น 1,000 ppm นำวิเคราะห์ปริมาณสารอัลลิโลเคมิคอลและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ปริมาณสารอัลลิโลเคมิคอล

วิเคราะห์ปริมาณสาร total alkaloids ตามวิธีของ Fadhil et al. (2007) นำตัวอย่างสารสกัด 1 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ไประเหยตัวทำละลายในตู้ดูดควันจนได้เป็นสารสกัดหยาบ หลังจากนั้นละลายด้วย HCl ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ล้างสารละลายตัวอย่างด้วยคลอโรฟอร์ม 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย ของ bromocresol green ตามด้วย 1 มิลลิลิตร ของ phosphate buffer เขย่าจนสารละลายแยกชั้น ดูดสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง microplate reader (ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น Multiskan Go ประเทศสหรัฐอเมริกา) ที่ความยาวคลื่น 417 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสาร alkaloids จากกราฟมาตรฐานของ atropine equivalent (AE) เมื่อ $Y = 0.005X + 0.092$ ($R^2 = 0.990$) มีหน่วยเป็น mg AE/ g sample

วิเคราะห์ปริมาณสาร total flavonoids ตามวิธีของ Djeridane et al. (2006) นำตัวอย่างสารสกัด 100 ไมโครลิตร (ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) หยดลงใน 96-well plate เติมสารละลาย aluminium chloride (2 เปอร์เซ็นต์) 200 ไมโครลิตร นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร เปรียบเทียบปริมาณสาร total flavonoids จากกราฟมาตรฐานของ rutin equivalent (RE) เมื่อ $Y = 0.0045X + 0.0788$ ($R^2 = 0.999$) มีหน่วยเป็น mg RE/g sample

วิเคราะห์ปริมาณสาร total phenolics ตามวิธีของ Kähkönen et al. (1999) นำตัวอย่างสารสกัด 20 ไมโครลิตร (ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ใส่ลงใน 96-well plate เติมน้ำกลั่น 50 ไมโครลิตร ตามด้วย Folins-phenol reagent ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และ sodium carbonate (7.5 เปอร์เซ็นต์) 80 ไมโครลิตร บ่มไว้ในที่มืด นาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร เปรียบเทียบปริมาณสาร total phenolics จากกราฟมาตรฐานของ gallic acid equivalent (GAE) เมื่อ $Y = 0.0026X + 0.058$ ($R^2 = 0.995$) มีหน่วยเป็น mg GAE/ g sample

วิเคราะห์ปริมาณสาร total saponins ตามวิธีของ Makkar et al. (2007) นำตัวอย่างสารสกัด 20 ไมโครลิตร (ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ผสมด้วยน้ำกลั่น 20 ไมโครลิตร หลังจากนั้นเติม vanillin reagent ปริมาตร 20 ไมโครลิตรและ sulphuric acid (72 เปอร์เซ็นต์) 200 ไมโครลิตร นำไปไว้ใน water bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำไปวางในน้ำแข็ง นาน 10 นาที ดูดสารละลายใส่ลงใน 96-well plate นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 544 นาโนเมตร เปรียบเทียบปริมาณสาร saponins จากกราฟมาตรฐานของ diosgenin equivalent (DE) เมื่อ $Y = 0.007X - 0.001$ ($R^2 = 0.999$) มีหน่วยเป็น mg DE/g sample

ทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

ทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยปฏิกิริยา DPPH radical scavenging ตามวิธีของ Boskou et al. (2006) นำสารสกัดตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร (ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ใส่ลงใน 96-well plate เติมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (0.5 มิลลิโมลาร์) 40 ไมโครลิตร และ sodium acetate buffer (0.1 โมลาร์)100 ไมโครลิตร บ่มไว้ในที่มืด อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำกลั่นและเมทานอล (80 เปอร์เซ็นต์) (ชุดควบคุม) ตาม Equation 1:

ทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยปฏิกิริยา ABTS radical scavenging ตามวิธีของ Hsu et al. (2011) นำสารสกัดตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร (ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ใส่ลงใน 96-well plate เติมสารละลาย 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammoniumsalte (ABTS) 200 ไมโครลิตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับตัวทำละลาย (ชุดควบคุม) ตาม Equation 1:

$$\text{การยับยั้ง (\%)} = [(A_{Cont} - A_{Test})/ A_{Cont}] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ A_{Cont} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม ส่วน A_{Test} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 6 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม R version 3.0.3 (R Development Core Team, 2014) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan's multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p<0.05)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอัลลีโลเคมิคอลในสารสกัดจากใบของก้นจ้ำขาว กระดุมทอง ขลู่ ตีนตุ๊กแก สาบแร้งสาบกา สาบเสือ และหนาดดอย (Table 1) พบว่า สารสกัดด้วยเมทานอลมีปริมาณของสารอัลลีโลเคมิคอลมากกว่าสารสกัดด้วยน้ำแตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ Arab et al. (2011) พบว่า เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่ทำให้สารสกัดมีปริมาณของสารพฤษเคมีและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเอทานอลและเอทิลอะซิเตต แม้ว่าเมทานอลจะเป็นตัวทำละลายที่ดีมีประสิทธิภาพสูงในการสกัดสาร polyphenols แต่ก็เป็นพิษต่อสภาพแวดล้อมมากกว่าแอลกอฮอร์ชนิดอื่น (Kapasakalidis et al., 2006) นอกจากนี้ Mudzengi et al. (2017) ยังพบว่า สารสกัดด้วยเมทานอลเปลือกไม้ของ *Colophospermum mopane* รากของ *Dichrostachys cinerea* และใบของ *Salvadora persica* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Escherichia coli* ได้ดีกว่าสารสกัดด้วยน้ำ เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วที่มีความสามารถในการละลายสารประกอบที่ขั้วต่าง ๆ มีประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบกลุ่ม phenolics นิยมใช้สกัดสารกลุ่ม anthocyanins, terpenoids, lignans, polysaccharides protein และ amino acids (Spigno et al., 2007; Carrera et al., 2012) โดยที่ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสาร total alkaloids พบว่า สารสกัดด้วยน้ำจากใบของวัชพืชทั้ง 7 ชนิด มีปริมาณของสารกลุ่ม total alkaloids ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนสารสกัดด้วยเมทานอล พบว่า สารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของวัชพืชแต่ละชนิดมีปริมาณของสารกลุ่ม total alkaloids ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นสารสกัดด้วยเมทานอลจากใบขลู่ที่มีปริมาณของสารอัลลีโลเคมิคอลชนิดนี้น้อยที่สุด สำหรับปริมาณสาร total flavonoids พบว่า สารสกัดด้วยน้ำจากใบของขลู่มีปริมาณของสารกลุ่ม flavonoids สูงที่สุด (เท่ากับ 231.88 mg RE/g sample) ส่วนสารสกัดด้วยเมทานอล พบว่า สารสกัดจากใบของสาบเสือมีปริมาณของสารชนิดนี้สูงที่สุด รองลงมาคือสารสกัดจากใบของขลู่ (เท่ากับ 541.42 ± 3.08 และ 410.39 ± 5.32 mg RE/g sample ตามลำดับ) สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณของสาร total phenolics พบว่า สารสกัดด้วยน้ำและเมทานอลจากใบของขลู่และสาบเสือมีประมาณของสารชนิดนี้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากพืชชนิดอื่นในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน (เท่ากับ 526.06 ± 24.40, 693.53 ± 27.38 และ 1001.11 ± 21.63, 917.70 ± 42.81 mg GAE/ g sample ตามลำดับ)

ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร total saponins พบว่า ใบของหนาดดอยมีปริมาณของสารชนิดนี้มากทั้งสารสกัดด้วยน้ำและเมทานอล (เท่ากับ 205.16 ± 16.06 และ 232.31 ± 11.98 mg DE/g sample ตามลำดับ) โดยที่สารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของก้นจ้ำขาวและสาบเสือมีปริมาณของสารชนิดนี้สูงไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของหนาดดอย (เท่ากับ 246.62 ± 14.13 และ 228.85 ± 3.95 mg DE/g sample ตามลำดับ)

Table 1 The amount of allelochemicals in water and methanol leaves extract from Asterceous weeds

Asteraceous weeds	Total alkaloids (mg AE/ g sample)		Total flavonoids (mg RE/g sample)	
	Water Ex.	Methanol Ex	Water Ex.	Methanol Ex
Bidens pilosa	32.21 ± 6.26^{d}	65.62 ± 8.69^{a}	83.19 ± 4.61^{i}	181.71 ± 7.75^{g}
Melampodium divaricatum	35.03 ± 1.78^{cd}	66.11 ± 8.07^{a}	143.76 ± 3.29^{h}	277.62 ± 4.96^{e}
Pluchea indica	40.98 ± 10.20^{bcd}	50.40 ± 8.64^{bcd}	231.88 ± 5.72^{e}	410.39 ± 5.32^{b}
Tridax procumbens	36.63 ± 5.48^{cd}	58.05 ± 5.65^{a}	136.96 ± 3.53^{h}	347.02 ± 4.63^{c}
Ageratum conyzoides	26.93 ± 10.10^{d}	57.91 ± 9.02^{a}	45.64 ± 1.95^{i}	172.32 ± 4.40^{g}
Chromolaena odorata	40.51 ± 6.61^{bcd}	53.33 ± 8.81^{ab}	197.29 ± 8.33^{f}	541.42 ± 3.08^{a}
Anaphalis margaritacea	34.80 ± 0.55^{cd}	58.33 ± 10.62^{a}	171.92 ± 9.50^{g}	256.25 ± 2.19^{d}
Asteraceous weeds	Total phenolics (mg GAE/ g sample)		Total saponins (mg DE/g sample)	
	Water Ex.	Methanol Ex	Water Ex.	Methanol Ex.
Bidens pilosa	282.25 ± 25.99^{f}	442.51 ± 19.44^{e}	179.75 ± 8.47^{e}	246.62 ± 14.13^{a}
Melampodium divaricatum	438.84 ± 22.58^{e}	719.70 ± 15.63^{c}	177.80 ± 8.13^{e}	212.28 ± 13.93^{bc}
Pluchea indica	526.06 ± 24.40^{d}	1001.11 ± 21.63^{a}	181.81 ± 10.02^{e}	191.49 ± 9.30^{cde}
Tridax procumbens	297.67 ± 12.90^{f}	408.00 ± 21.40^{e}	186.13 ± 8.98^{de}	196.59 ± 4.77^{cde}
Ageratum conyzoides	108.35 ± 10.87^{g}	172.84 ± 16.66^{g}	180.16 ± 7.95^{e}	184.91 ± 7.03^{de}
Chromolaena odorata	693.53 ± 27.38^{c}	917.70 ± 42.81^{b}	198.00 ± 7.09^{cde}	228.85 ± 3.95^{ab}
Anaphalis margaritacea	449.54 ± 20.03^{e}	656.46 ± 26.02^{c}	205.16 ± 16.06^{cd}	232.31 ± 11.98^{a}

* Mean ± SD in the same allelochemical group followed by different superscripts is significantly different at DMRT $p<0.01$

ในส่วนของการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Fig. 1) พบว่า สารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของวัชพืชวงศ์ Asteraceae ในการทดลองนี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยา DPPH และ ABTS radicals scavenging ได้ดีกว่าสารสกัดด้วยน้ำ ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารอัลลีโลเคมิคอล เมื่อพิจารณาฤทธิ์ของสารสกัดในการต้านอนุมูลอิสระด้วยปฏิกิริยา DPPH radical scavenging (Fig. 1A) พบว่า สารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของขลู่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของกระดุมทอง ก้นจ้ำขาว และสาบแร้งสาบกา ตามลำดับ โดยที่สารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของขลู่มีฤทธิ์มากที่สุดในการต้านอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยา ABTS radical scavenging ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับสารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของสาบเสือ (Fig. 1)

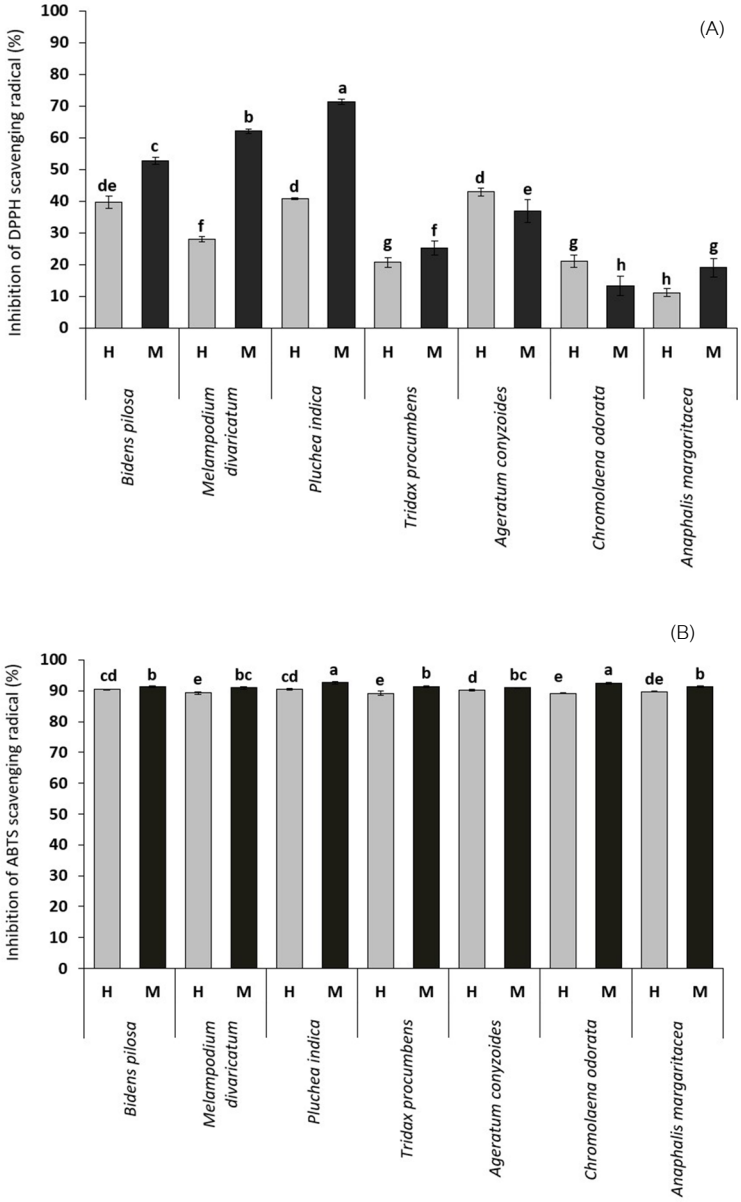


Fig. 1 DPPH (A) and ABTS (B) radical scavenging inhibition of water (H) and methanol (M) extracts from leaves of Asteraceous weeds. The bars in figure represent the standard deviation of the repetitions. Values with different superscript indicates statistical significance by DMRT at $p<0.01$

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสารอัลลีโลเคมิคอลกับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Table 2) พบว่า ปริมาณของสาร flavonoids มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของสาร alkaloids และ phenolics โดยที่ปริมาณของสาร flavonoids เพิ่มขึ้น สารสกัดจากใบวัชพืชนี้จะมีปริมาณสาร alkaloids และ phenolics เพิ่มขึ้นด้วย โดยที่สาร alkaloids, flavonoids, phenolics และ saponins ที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้สารสกัดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{\bullet}$ เพิ่มขึ้น

Table 2 Correlations between allelochemicals and antioxidants

	Alkaloids	Flavonoids	Phenolic	Saponins	DPPH
Flavonoids	0.507*				
Phenolics	0.395	0.798**			
Saponins	0.687**	0.424	0.439		
DPPH	0.294	-0.038	0.155	-0.074	
ABTS	0.647**	0.762**	0.522*	0.484*	0.386

* Significance level at $p<0.05$ and ** significance level at $p<0.01$

สรุป

สารสกัดจากเมทานอลมีผลทำให้สารสกัดจากใบของวัชพืชวงศ์ Asteraceae มีปริมาณของสารอัลลีโลเคมิคอลมากกว่าสารสกัดด้วยน้ำ โดยที่สารสกัดด้วยเมทานอลจากใบของขลู่มีปริมาณของสาร total flavonoids และ total phenolics สูง ทำให้สารสกัดนี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยา DPPH และ ABTS radicals scavenging ได้ดีที่สุด ดังนั้นการทดสอบผลทางอัลลีโลพาธีของสารสกัดด้วยเมทานอลจากใบขลู่ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชจึงควรมีการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

พิมพ์วดี พรพงศ์รุ่งเรือง. 2555. พืชวงศ์ทานตะวันในประเทศไทยกับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ. วารสารพฤกษศาสตร์ไทย 4: 25–46.

Arab, F., Alemzadeh, I., Maghsoudi, V. 2011. Determination of antioxidant component and activity of rice bran extract. Scienta Iranica 18: 1402–1406.

Araújo, C.A., Morgado, C.S.A., Gomes, A.K.C., Gomes, A.C.C., Simas, N.K. 2021. Asteraceae family: A review of its allelopathic potential and the case of *Acmella oleracea* and *Sphagneticola trilobata*. Rodriguésia 72: e01622020.

Boskou, G., Salta, F.N., Chrysostomou, S., Mylona, A., Chiou, A., Andrikopoulos, N.K. 2006. Antioxidant capacity and phenolic profile of table olives from the Greek market. Food Chem. 94: 558–564.

Carrera, C., Ruiz-Rodriguez, A., Palma, M., Barroso, C.G. 2012. Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes. Anal. Chim. Acta 732: 100–104.

Djeridane, A.M. Yousfi, B. Nadjemi, D. Boutassouna, P. Stocker and N. Vidal. 2006. Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolics. Food Chem. 97: 654–660.

Duke, S.O., Oliva, A. 2004. Mode of action of phytotoxic terpenoids. In: F.A. Macias, J.C.G. Galindo, J.M. Molinillo and H.G. Cutler (Eds.). Allelopathy: Chemistry and Mode of Action of Allelochemicals. CRC Press. pp. 201–216

Fadhil, S., Reza, M.H., Rouhollah G., Reza V.R.M. 2007. Spectrophotometric determination of total alkaloids in *Peganum harmala* L. using bromocresol green. Res.J. Phytochem. 1: 79–82.

Haig, T. 2008. Allelochemicals in Plants. In: R. Zeng, A. Mallik and S. Luo (Eds.), Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry, Springer, New York. pp. 63–104.

Hsu, C.F., Peng, H., Basle, C., Travas-Sejdic, J., Kilmartin, P.A. 2010. $ABTS^{+}$ scavenging activity of polypyrrole, polyaniline and poly(3,4-ethylenedioxthiophene). Polymer Int. 58: 10.1002/pi.2912

Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., Heinonen, M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 47: 3954–3962.

Kapasakalidis, P., Rastall, R.A., Gordon, M.H. 2006. Extraction of polyphenols from processed black currant (*Ribes nigrum* L.) residues. J. Agric. Food Chem. 54: 4016–4021.

Makkar, H.P., Siddhuraju, P., Becker, K. 2007. Methods in molecular biology: Plant secondary metabolites. Human Press, Totowa, New Jersey. pp. 93–100.

Moreland, D.E., Novitzky, W.P. 1987. Effects of phenolic acids, coumarins, and flavonoids on isolated chloroplasts and mitochondria. In: G.R. Waller (ed). Allelochemicals: Role in Agriculture and Forestry Washington DC: American Chemical Society. pp. 247–261.

Mudzengi, C., Murwira, A., Tivapasi, M., Murungweni, C., Burumu, J.V., Halimani, T. 2017. Antibacterial activity of aqueous and methanol extracts of selected species used in livestock health management. Phar. Biol. 55: 105–1060.

Putnum, A.R., Tang C.S. 1986. The Science of Allelopathy. Wiley, New York. pp. 1–9.

Rice, E.L. 1984 Allelopathy. Academic Press, Inc., Olendo. pp. 267–291.

Spigno, G., Tramelli, L., Marco, de F.D. 2007. Effect of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. J. Food Engineer. 81: 200–208.

Treutter, D. 2005. Significance of flavonoids in plant resistance and enhancement of their biosynthesis. Plant Biol. 7: 581–591.

Wink, M., Latz-Brüning, B. 1995. Allelopathic properties of alkaloids and other natural products: possible modes of action. In: Inderjit, K.M.M. Dakshini and F.A. Einhellig (Eds.). Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications. Washington DC: American Chemical Society. pp. 117–126.

Zhou, Y.H., Yu, J.Q. 2006. Allelochemicals and photosynthesis. In: M.J. Reigosa, N. Pedrol and L. Gonzalez (Eds.). Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications, Sprinkler. pp. 127–140.

ผลทางอัลลีโลพาธีของถั่วเขียวและข้าวโพดในระบบการปลูกพืชร่วมต่อการควบคุมวัชพืชและผลผลิตของพืชปลูก

Allelopathic effect of mungbean and corn in intercropping system on weed control and crops yield

ดบัสวิน อินทร์มณี[a], **ทศพล พรพรหม**[a], **วนิดา สืบสายพรหม**[b], **จำเนียร ชมภู**[a,*]

Dabutsawin Inmanee[a], Tosapon Pornprom[a], Wanida Suebsaiprom[b], Jamnian Chompoo[a,*]

[a]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[b]ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[a]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[b]Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand

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

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์จากผลทางอัลลีโลพาธีของพืชเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถมานำใช้เพื่อควบคุมหรือกำจัดวัชพืชเพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารกำจัดวัชพืชได้ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลทางอัลลีโลพาธีของการปลูกถั่วเขียวร่วมกับข้าวโพดต่อประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชและผลผลิตของพืชปลูก โดยทำการปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML4, KUML8, CN3 และ CN84 ร่วมกับข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan1351 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตด้านความสูง ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช และผลผลิตของถั่วเขียวและข้าวโพดเปรียบเทียบผลการทดลองกับการปลูกถั่วเขียวแต่ละพันธุ์และข้าวโพดเพียงอย่างเดียว (ชุดควบคุม) ผลการทดลองพบว่า การปลูกถั่วเขียวพันธุ์ CN3 และ CN84 ร่วมกับข้าวโพดหวานมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชทั้งใบแคบ ใบกว้าง และกก ได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่ 7, 14, 21 และ 30 วันหลังปลูก นอกจากนี้ยังพบว่า ผลผลิตต่อต้นของถั่วเขียวและข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันกับการปลูกแบบเดี่ยว ดังนั้นการปลูกถั่วเขียวพันธุ์ CN3 และ CN8 ร่วมกับข้าวโพดมีผลทางอัลลีโลพาธีในการควบคุมวัชพืช ทำให้ต้นทุนการควบคุมวัชพืชลดลง และมีผลผลิตรวมเพิ่มมากขึ้นจากพืชทั้งสองชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกข้าวโพดหรือถั่วเขียวเพียงชนิดเดียว

คำสำคัญ: CN3, CN84, อัลลีโลพาธี

Abstract

The utilization of allelopathy from crop is a approach that can be recommend to control weeds in order to decrease or replace using herbicides. Therefore, the aimed of this study to evaluate the allelopathic effect of mungbean and corn in intercropping system on the efficiency of wed control and crops yield. The mungbean varieties of KUML4, KUML8, CN3 and CN84 were planted with sweet corn (cv. Wan1351). Data of plant height, weed control efficacy and yield of mungbean and sweet corn were recorded and comparing the data with control or monocropping of mungbean or corn. The results showed that the planting mungbean, CN3 and CN84, with corn were more efficient for control narrow leaf, broadleaf and sedge when compared to control at 7, 14, 21 and 30 days after planting. In addition, they were found that the yield per plant of mungbean and corn were not different from the control. As the results the intercropping of mungbean cv. CN3 and CN84 with sweet corn had allelopathic effects on weed control. Beside, these results could be decreased the cost to control the weeds and increased total yields from both crops when compared to the monocrop of sweet corn or mungbean.

Keywords: Allelopathy, CN3, CN84

คำนำ

อัลลีโลพาธี (allelopathy) เป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีในธรรมชาติที่พืชหรือจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งสามารถผลิตและปลดปล่อยสารอัลลีโลเคมิคอล (allelochemicals) ออกมาสู่สภาพแวดล้อม ส่งผลยับยั้งหรือกระตุ้นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่อยู่บริเวณรอบข้าง (Rice, 1984) ซึ่งสารอัลลีโลเคมิคอลที่พบในพืชส่วนใหญ่เป็นสารทุติยภูมิ เช่น alkaloids, phenols, terpenoids, flavonoids, coumarins, tannins, steroids และ quinines (Xuan et al., 2005) โดยที่สารเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาจากพืชผู้ให้ (donor plant) ด้วยการการชะล้างใบด้วยน้ำฝนหรือน้ำค้าง การระเหยทางใบ การย่อยสลายของซากพืชในดิน และปลดปล่อยสารทางราก (Putnum and Tang, 1996) ในระบบการปลูกพืชได้มีการนำผลทางอัลลีโลพาธีมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การใช้สารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกและการพัฒนาของพืชมาพัฒนาเป็นสารกำจัดวัชพืช การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยการถ่ายทอดทางพันธุกรรมลักษณะเด่นทางอัลลีโลพาธีสู่พืชปลูก การใช้เศษซากพืชอัลลีโลพาธีคลุมดิน และการปลูกพืชแซมหรือปลูกพืชหมุนเวียน (ธนัชสันห์, 2561; Macias et al., 2004) จากการศึกษาของ Saudy (2015) รายงานว่า การปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วลันเตา สามารถช่วยลดความหนาแน่นของวัชพืชหน้านกสีชมพู ผักเบี้ยใหญ่ ปอวัชพืช และหญ้าปากควายได้ ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับจากการศึกษาของ Amossé et al. (2013) ปลูกพืชตระกูลถั่ว (ได้แก่ โคลเวอร์ขาว แบล็กเมดิคัล อัลฟัลฟา และโคลเวอร์แดง) ร่วมกับข้าวสาลี พบว่าพืชตระกูลถั่วสามารถลดความหนาแน่นของวัชพืชในแปลงปลูกข้าวสาลีในระบบเกษตรอินทรีย์ได้ ส่วน Poehlman (1991) ยังพบว่า ถั่วเขียวที่ปลูกในพื้นที่หลังเก็บเกี่ยวถั่วเขียว จะถูกยับยั้งการเจริญเติบโต 20–25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับถั่วเขียวที่ปลูกในแปลงที่ไม่เคยปลูกถั่วเขียวมาก่อน โดยที่สารที่ถั่วเขียวปลดปล่อยออกมาสามารถสลายตัวได้ภายใน 30–45 วัน นอกจากนี้ Rahaman et al. (2017) ได้ศึกษาผลทางอัลลีโลพาธีของข้าวต่างพันธุ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก พบว่า ข้าวต่างพันธุ์กันมีผลในการกระตุ้นและยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงสนใจศึกษาผลทางอัลลีโลพาธีของถั่วเขียวพันธุ์ KUML4, KUML8, CN3 CN84 และข้าวโพดหวานในระบบการปลูกพืชร่วมต่อการควบคุมวัชพืช เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนในการจัดการวัชพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกพืชแซมและการจัดการแปลง

ทำการทดลองในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2566 เตรียมดินโดยใช้รถแทร็กเตอร์ด้วยผาล 3 ในรอบแรก หลังจากนั้นตีดินให้มีขนาดเล็กลงด้วยด้วยผาล 7ทำการยกร่องขนาดความกว้าง 70 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 70 เซนติเมตร ปลูกถั่วเขียวและข้าวโพดด้วย Jap ระยะระหว่างต้น 20 เซนติเมตร โดยทำการปลูกถั่วเขียวสลับข้าวโพด 2 ต่อ 2 จำนวน 10 แถว ส่วนชุดควบคุมปลูกถั่วเขียวแต่ละพันธุ์หรือข้าวโพดหวานเพียงอย่างเดียว จำนวน 6 แถววางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ สิ่งทดลอง คือ การปลูกถั่วเขียวร่วมกับข้าวโพด เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ปลูกถั่วเขียวหรือข้าวโพดเพียงอย่างเดียว) สิ่งทดลองประกอบด้วย T1: ปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ Wan1351เพียงอย่างเดียว T2: ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML4 เพียงอย่างเดียว T3: ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML8 เพียงอย่างเดียวT4: ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ CN3 เพียงอย่างเดียว T5: ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ CN-84 เพียงอย่างเดียว T6: ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML4 ร่วมกับข้าวโพด T7: ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ KUML8 ร่วมกับข้าวโพด T8: ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ CN3 ร่วมกับข้าวโพด และ T9: ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ CN-84 ร่วมกับข้าวโพด มีการให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ โดยให้น้ำตามสภาพแปลง ไม่มีการใส่ปุ๋ย และไม่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช

การบันทึกข้อมูล

การเจริญเติบโตของพืชปลูก วัดความสูงของถั่วเขียวและข้าวโพด ที่ 7, 14, 21, 30 และ 45 วันหลังปลูก สุ่มเก็บข้อมูลจำนวนชนิดพืชละ 10 ต้น โดยสุ่มวัดแถวกลางแปลง แถวละ 3 จุด เป็นลักษณะสี่เหลี่ยม เลือกเก็บข้อมูลต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ปลูกตรงข้ามกัน วัดความสูงจากผิวดินถึงข้อสุดท้าย พิจารณาผลทางอัลลีโลพาธี (allelopathic effect; AE) จากการปลูกร่วมระหว่างข้าวโพดหวานกับถั่วเขียวต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเขียว จาก Equation 1:

$$AE = [(C - T)/C] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ C คือ ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหรือถั่วเขียวที่ปลูกแบบเดี่ยว

T คือ ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหรือถั่วเขียวที่ปลูกแบบแซม

โดยที่ ผลเป็นลบ (-) แสดงว่า ปฏิกิริยาทางอัลลีโลพาธีมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลเป็นบวก (+) แสดงปฏิกิริยาทางอัลลีโลพาธีมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช ที่ 14, 21 และ 30 วันหลังปลูก สุ่มนับชนิดและจำนวนวัชพืชแต่ละชนิดด้วยกรอบสี่เหลี่ยม (quart) ขนาด 0.5 × 0.5 เซนติเมตรแปลงย่อยละ 2 จุด แยกชนิดเป็นวัชพืชใบแคบ ใบกว้าง และกก รวมทั้งจำแนกชนิดของวัชพืชที่พบในแปลงทดลอง คำนวณประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช (weed control efficacy; WCE) ตาม Equation 2:

$$WCE = [(n_N - n_W)/ n_N] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ n_N คือ จำนวนวัชพืชในแปลงชุดควบคุม (ปลูกถั่วเขียวหรือข้าวโพดเพียงอย่างเดียว)

n_W คือ จำนวนวัชพืชในแปลงปลูกถั่วเขียว + ข้าวโพด

โดยที่ ผลเป็นลบ (-) แสดงว่า ปฏิกิริยาทางอัลลีโลพาธีมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลเป็นบวก (+) แสดงปฏิกิริยาทางอัลลีโลพาธีมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ผลผลิตของถั่วเขียวและข้าวโพด โดยสุ่มเก็บผลผลิตพืชปลูกทั้งสองชนิด จำนวน 6 ต้นต่อแปลงย่อย โดยใช้เคียวเกี่ยว หลังจากนั้นนำผลผลิตถั่วเขียวมาตากแดดบนลานปูนซีเมนต์จนกระทั่งแห้ง มีความชื้นประมาณ 12–15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลผลิตข้าวโพดหวานชั่งน้ำหนักฝักสดที่ไม่ปอกเปลือกและปอกเปลือก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้โปรแกรม R วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ ($p< 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการบันทึกข้อมูลความสูงของถั่วเขียวแต่ละพันธุ์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเปรียบเทียบกับแปลงที่ปลูกถั่วเขียวแต่ละพันธุ์เพียงอย่างเดียว (ชุดควบคุม) (Table 1) พบว่า หลังจากปลูก 7 วัน ถั่วเขียวแต่ละพันธุ์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดมีการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ดีกว่าการปลูกแบบเดี่ยว หลังจากนั้นเมื่อเวลานานขึ้นเป็น 14, 21, 30 และ 45 วันหลังปลูก

พบว่า ถั่วเขียวแต่ละพันธุ์มีความสูงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยที่ถั่วเขียวแต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโตด้านความสูงลดลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความสูงของข้าวโพด พบว่า ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตด้านความสูงเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อมีการปลูกร่วมกับถั่วเขียวทุกพันธุ์ ที่ 21, 30 และ 45 วันหลังปลูก

สำหรับประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช (Table 2) พบว่า การปลูกถั่วเขียวพันธุ์ CN 3 และ CN 84 ร่วมกับข้าวโพด มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่ 7, 14, 21 และ 30 วันหลังปลูก โดยที่ทำให้จำนวนประชากรของวัชพืชพวกใบแคบและใบกว้างได้ดีกว่าวัชพืชพวกกก นอกจากนี้ยังพบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ CN 3 และ CN 84 มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อปลูกร่วมกับข้าวโพด สำหรับวัชพืชส่วนใหญ่ที่พบในแปลงทดลอง ประกอบด้วย พวกใบแคบ ได้แก่ หญ้ารังนก (*Chloris barbata*) หญ้านกสีชมพู (*Echinochloa colana*) และหญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli*) ส่วนวัชพืชพวกใบกว้าง ได้แก่ ตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens*) สาบแร้งสาบกา (*Ageratum conyzoides*) ผักเบี้ยใหญ่ (*Portulaca oleracea*) ผักเบี้ยหิน (*Trianthema portulacastrum*) ผักโขมหิน (*Boerhaavia diffusa*) และโคกกระออม (*Cardiospermum halicacabum*) สำหรับวัชพืชพวกกก ได้แก่ กกทราย (*Cyperus iria*) และแห้วหมู (*Cyperus rotundus*)

Table 1 The height of mungbean and corn in intercropping system comparing with monocropping (control) at 7, 14, 21, 30 and 45 days after planting (DAP)

Treatments	7 DAP		14 DAP		21 DAP		30 DAP		45 DAP	
	mungbean	corn	mungbean	corn	mungbean	corn	mungbean	corn	mungbean	corn
	Plant height (cm)									
T1: corn	-	3.41 ± 0.46	-	8.94 ± 0.58	-	14.92 ± 1.92	-	36.17 ± 6.59	-	58.15 ± 10.80
T2: KUML4	5.06 ± 0.20	-	7.82 ± 0.40	-	1.72±2.05	-	31.45 ± 9.23	-	62.32 ± 9.01	-
T3: KUML8	5.34 ± 0.03	-	9.91 ± 1.77	-	12.23±2.58	-	32.23 ± 8.91	-	60.68 ± 7.42	-
T4: CN3	5.80 ± 0.14	-	9.43 ± 0.46	-	11.94±1.02	-	22.80 ± 5.65	-	63.27 ± 7.44	-
T5: CN84	4.81±0.15	-	8.65 ± 0.56	-	11.47±1.10	-	20.63 ± 5.01	-	53.54 ±9.18	-
	Plant growth compared to control (%)									
T6: corn+KUML4	-23.33 ± 5.00^{ab}	-37.68 ± 5.70^{c}	-9.59 ± 2.15^{b}	0.28 ± 2.43	-11.47 ± 3.07	-23.02 ± 9.95	31.31 ± 8.52	-9.95 ±3.44	2.97 ± 2.21	-41.04 ± 9.78
T7: corn+KUML8	0.56 ± 3.37^{a}	2.05 ±3.83^{b}	16.82 ± 4.71^{a}	-5.98 ± 3.19	10.58 ± 1.21	-1.37 ± 1.41	44.35 ± 7.60	-13.24 ± 5.93	13.49 ± 7.13	-39.35 ± 7.45
T8: corn+CN3	-66.57 ± 14.01^{b}	43.79 ± 2.41^{a}	6.08 ± 2.33^{ab}	11.58 ±5.49	2.32 ± 1.28	-1.84 ± 1.72	16.36 ± 2.36	-20.82 ± 3.42	10.09 ± 4.53	-35.78 ± 6.85
T9: corn+CN84	-56.60 ± 10.01^{b}	-13.93 ± 5.35^{b}	3.39 ± 1.49^{ab}	1.62 ± 2.64	-19.35 ± 2.02	12.40 ± 6.30	12.72 ± 7.42	-9.01 ± 5.30	3.19 ± 2.48	-41.34 ± 9.36

* Mean ± SD in the same column followed by different superscripts is significantly different using DMRT at $p<0.05$

Sign minus (-) in front of mean value denote the stimulation of allelopathic effect and no sign denote the inhibition of allelopathic effect.

Table 2 The number of weeds in monocropping (control) and weed control efficacy (WCE) at 7, 14, 21 and 30 days after planting (DAP)

Treatments	7 DAP			14 DAP		
	Narrow	Broad	Sedge	Narrow	Broad	Sedge
	------- no. of weeds (plants 1 m^{-1}) -------			------- no. of weeds (plants 1 m^{-1}) -------		
T1: corn (C)	0.00 ± 0.00	18.00 ± 6.15	77.33 ± 10.81	3.33 ± 1.16	28.67 ± 7.01	50.67 ± 10.01
T2: KUML4	2.67 ± 1.06	44.00 ± 7.47	10.67 ± 3.06	6.67 ± 3.02	52.67 ± 13.00	4.00 ± 1.00
T3: KUML8	1.00 ± 0.90	44.67 ± 8.59	36.67 ± 9.93	4.00 ± 2.46	108.00 ± 36.72	33.33 ± 5.35
T4: CN3	2.67 ± 1.67	22.67 ± 7.54	8.67 ± 5.11	9.33 ± 2.31	29.33 ± 7.43	33.33 ± 1.16
T5: CN84	1.33 ± 0.31	24.67 ± 7.02	102.00 ± 23.39	8.00 ± 2.00	60.67 ± 19.33	80.67 ± 19.35
	---------- WCE (%) ----------			---------- WCE (%) ----------		
T6: C+KUML4	25.00 ± 5.00^{a}	27.17 ± 2.27^{ab}	-81.25 ± 19.25^{b}	-100.00 ± 21.00^{b}	-11.35 ± 1.39^{b}	-150.00 ± 23.25^{b}
T7: C+KUML8	-366.67 ± 66.67^{c}	68.66 ± 8.66^{a}	-85.45 ± 5.45^{b}	-233.33 ± 33.33^{c}	40.12 ± 1.12^{ab}	-198.00 ± 8.00^{b}
T8: C+CN3	100.00 ± 26.62^{a}	6.86 ± 4.04^{b}	33.33 ± 3.85^{a}	16.67 ± 8.17^{a}	9.09 ± 5.23^{ab}	280.00 ± 53.26^{a}
T9: C+CN84	52.00 ± 2.00^{b}	8.11 ± 1.11^{b}	62.09 ± 2.07^{a}	25.00 ± 1.00^{a}	50.55 ± 0.55^{a}	8.26 ± 0.74a^{b}
Treatments	21 DAP			30 DAP		
	Narrow	Broad	Sedge	Narrow	Broad	Sedge
	------- no. of weeds (plants 1 m^{-1}) -------			------- no. of weeds (plants 1 m^{-1}) -------		
T1: corn (C)	9.33 ± 3.02	29.33 ± 13.72	47.33 ± 13.65	4.00 ± 1.00	20.00 ± 3.11	102.00 ± 28.01
T2: KUML4	8.67 ± 2.57	44.67 ± 11.86	9.33 ± 2.17	18.67 ± 4.24	24.00 ± 8.00	10.00 ± 4.21
T3: KUML8	7.33 ± 2.31	52.00 ± 4.00	28.00 ± 8.31	7.33 ± 2.06	44.67 ± 5.17	55.33 ± 10.87
T4: CN3	8.67 ± 2.87	23.33 ± 8.29	3.33 ± 1.06	7.36 ± 1.15	23.33 ± 8.31	17.33 ± 5.53
T5: CN84	10.67 ± 4.43	53.33 ± 19.43	64.67 ± 11.47	13.33 ± 2.45	54.67 ± 10.51	70.00 ± 10.01
	---------- WCE (%) ----------			---------- WCE (%) ----------		
T6: C+KUML4	23.08 ± 3.08	17.99 ± 2.91	-78.57 ± 18.57^{b}	46.43 ± 4.43^{a}	5.56 ± 0.56	-211.33 ± 13.33^{b}
T7: C+KUML8	63.64 ± 14.36	15.38 ± 1.38	-119.05 ± 8.05^{b}	-136.36 ± 6.36^{b}	67.16 ± 1.84	-63.86 ± 2.14^{a}
T8: C+CN3	0.00 ± 0.00	12.38 ± 6.67	106.67 ± 21.07^{a}	15.15 ± 2.14^{a}	11.43 ± 5.50	65.39 ± 4.47^{a}
T9: C+CN84	50.00 ± 8.00	10.00 ± 2.32	38.14 ± 8.14^{a}	20.00 ± 5.00^{a}	47.56 ± 3.44	-7.62 ± 0.62^{a}

* Mean ± SD in the same column followed by different superscripts is significantly different using DMRT at $p<0.05$

Sign minus (-) in front of mean value denote the stimulation of allelopathic effect and no sign denote the inhibition of allelopathic effect.

สำหรับผลผลิตเมล็ดของถั่วเขียวแต่ละพันธุ์ (Table 3) พบว่า ถั่วเขียวที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดในระบบปลูกพืชแซมมีน้ำหนักแห้งของเมล็ดต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเขียวพันธุ์เดียวกันที่ปลูกแบบเดี่ยว ในขณะที่ผลผลิตฝักสดของข้าวโพดหวานทั้งปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือกก็เช่นเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันสำหรับน้ำหนกสดฝักของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเขียวกับการปลูกแบบเดี่ยว จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการปลูกถั่วเขียวร่วมกับข้าวโพดในระบบปลูกแบบแซมทำให้ได้ผลผลิตจากถั่วเขียวและข้าวโพด เป็นการเพิ่มรายได้ และเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ

Table 3 Dry weight of mungbeans seed yield and fresh weight of sweet corn ears

Treatment	Mungbean yield (g plant^{-1})	Corn yield (g ear^{-1})	
		Unpeeled	Peeled
T1: corn	-	40.21 ± 6.90	35.05 ± 10.09
T2: KUML4	6.25 ± 0.77	-	-
T3: KUML8	7.30 ± 0.96	-	-
T4: CN3	7.31 ± 1.46	-	-
T5: CN84	5.89 ± 1.95	-	-
T6: corn+KUML4	7.71 ± 1.74	52.39 ± 8.33	45.12 ± 9.98
T7: corn+KUML8	6.91 ± 2.87	45.23 ± 4.66	39.70 ± 7.19
T8: corn+CN3	8.50 ± 2.47	58.10 ± 7.66	32.62 ± 8.32
T9: corn+CN84	7.23 ± 0.11	53.79 ± 10.21	41.70 ± 9.21

* Mean ± SD in the same column followed by different superscripts is significantly different using DMRT at $p<0.05$

โดยทั่วไปการอยู่ร่วมกันของพืชจะมีการแข่งขันเกิดขึ้น ความสามารถในการแข่งขันของพืชแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางสัณฐานวิทยา ความหนานานของประชากร และการจัดการแปลงหรือปัจจัยภายนอก Ampong-Nvark and Datta (1991) รายงานว่า ถั่วมีความสามารถในการควบคุมวัชพืชได้ เนื่องจากลำต้นที่สูงมากกว่าวัชพืชทำให้สามารถรับแสงได้ดีและสามารถบังแสงที่จะส่องมายังวัชพืชได้ ทำให้วัชพืชไม่สามารถเจริญเติบโต นอกจากนี้ Fernández-Aparicio et al. (2010) รายงานว่า พืชตระกูลถั่วเป็นพืชที่มีความทนทานได้ดี berseem clover เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีผลทางอัลลีโลพาธี สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ด *Orobanche crenata* ได้ดี โดยที่การปลูก berseem clover ร่วมกับ faba bean และ chickling pea สามารถช่วยลดประชาการของวัชพืช *O. crenata* ได้ดี ส่วน Chamkhi et al. (2022) รายงานว่าการปลูกพืชร่วมกันเป็นระบบการเกษตรที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรในการผลิตพืช พืชตระกูลถั่วมีประโยชน์ในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน การปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมมีศักยภาพเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์

สรุป

การปลูกถั่วเขียวพันธุ์ CN3 และ CN84 ร่วมกับข้าวโพดหวานมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชพวกใบแคบและใบกว้างบางชนิด โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตของถั่วเขียวและข้าวโพดดังนั้นการปลูกถั่วเขียวทั้งสองพันธุ์นี้ร่วมกับข้าวโพดหวานจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดต้นทุนในการกำจัดวัชพืชและยังเป็นการเพิ่มรายได้จากผลผลิตของพืชปลูกทั้งสองชนิดอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

ธนัชสัณห์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์. 2561. บทบาทของอัลลีโลพาธีต่อการจัดการวัชพืชในการผลิตข้าว. ว. วิชาการข้าว 9: 100–113

Amossé, C., Jeuffroy, M.-H., Celette, F., David, C. 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. European J. Agron. 49: 158–167.

Ampong-Nyarko, K., de Datta, S.K. 1991. A hHandbook for Weed Control in Rice. IRI, Manilla.

Chamkhi, I., Cheto, S., Geistlinger, J., Zeroual, Y., Kouisni, L., Bargaz, A., Ghoulam, C. 2022. Lequme-based intercropping systems promote beneficial rhizobacterial community and crop yield under stressing conditions. Indust. Crop Prod. 183: 114958. doi.10.1016/j.indcrop.2022.114958.

Fernández-Aparicio, M., Emeran, A.A., Rubiales, D. 2010. Inter-cropping with berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. Crop Protection 29: 897–871.

Macias, F.A., Molinillo, J.M., Oliveros-Bastidas, A., Marin, D., Chinchilla, D. 2004. Allelopathy: A natural strategy for weed control. Com. Agric. Appl. Biol. Sci. 63: 13–23.

Poehlman, J.M. 1991. The Mungn=bean. Westveiw Press, Boulder, CO.

Putnum, A.R. and Tang C.S. 1986. The Science of Allelopathy. Wiley, New York. pp. 1–9.

Rahaman, F., Juraimi, A.S., Rafii, M.Y., Uddin Md, K., Hassan, L., Chowdhury, A.K., Bashar, H.M.K. 2021. Allelopathic effect of selected rice (*Oryza sativa*) varieties against barnyard grass (*Echinochloa cruss-gulli*). Plants 10: 2017. doi.10.3390/plants10102017.

Rice, E.L. 1984. Allelopathy. Second edition. Academic Press Inc. Orlando Florida, USA 422 p.

Saudy, H.S. 2015. Maize-cowpea intercropping as an ecological approach for nitrogen-use rationalization and weed suppression. Arch. Agron. Soil Sci 61: 1–14.

Xuan, T.D., Tawata, S., Khanh, T.D., Chung, I.M. 2005. Biological control of weeds and plants pathogens in paddy rice by exploiting plant allelopathy: An overview. Crop Protection 24: 197–206.

ผลของน้ำตาลซูโครส และ6-Benzyladenine ต่อการชักนำยอดและการเจริญเติบโตของต้น *Ariocarpus fissuratus* ‘Godzilla’ ในสภาพปลอดเชื้อ

Effects of sucrose and 6-benzyladenine on *In Vitro* shoot induction and growth of *Ariocarpus fissuratus* ‘Godzilla’

ณีรนุช เนตรสุขแสง, **เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์**, **พัชรียา บุญกอแก้ว***

Neeranuch Netsuksaeng, Shermarl Wongchaochant, Patchareeya Boonkorkaew*

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

ต้นกระบองเพชรพันธุ์ก็อดซิลล่ามีการเจริญเติบโตช้า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถเพิ่มจำนวนยอดและการเจริญเติบโตได้เร็ว วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อหาความเข้มข้นของ BA และซูโครสที่เหมาะสมแก่การชักนำและการเจริญเติบโตของยอดในอาหารเหลวและกึ่งแข็ง วางแผนการทดลองแบบ factorial in 2x3 CRD มี 10 ซ้ำ ปัจจัย A คือ ความเข้มข้นของซูโครส (10, 20 ก./ล.) และปัจจัย B คือความเข้มข้นของ BA (0, 1, 2 มล./ล.) โดยใช้ชิ้นส่วนปลายยอดความยาว 1 ซม. หลังจากเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร ½ MS + NAA 0.05 มล./ล. + BA 0, 1, 2 มิลลิกรัม/ลิตร + ซูโครส 10, 20 ก./ล. เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ½ MS + NAA 0.05 มก./ล. + BA 1 มก./ล. + ซูโครส 10 ก./ล. ให้จำนวนยอดสูงสุด (10.30 ยอด) และความยาวยอด (1.63 ซม.) หลังจากเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง 20 สัปดาห์ พบว่า ½ MS + NAA 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร + ซูโครส 20 ก./ล. ให้จำนวนยอดและความยาวยอดสูงสุดเฉลี่ย 3.25 ยอด และ 1.28 ซม. ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระบองเพชร, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, ไซโตไคนิน, น้ำตาล

Abstract

Ariocarpus fissuratus ‘Godzilla' has slow growth. Tissue culture can quickly increase the number of shoots and stimulate growth. This research aimed to find suitable BA and sucrose concentrations for shoot induction and growth in liquid and semi-solid media. The experimental design was a 2x3 factorial in CRD with ten replications; factor A was sucrose concentration (10, 20 g/l), and factor B was the concentration of BA (0, 1, 2 mg/l) by using 1 cm long distal shoots. After cultured the explant in liquid medium on ½ MS+ NAA 0.05 mg/l + BA 0, 1, 2 mg/l + sucrose 10, 20 g/l for 12 weeks, the results showed that ½ MS + NAA 0.05 mg /l + BA 1 mg/l + sucrose 10 g/l provided the highest of shoot number (10.30 shoots) and shoot length (1.63 cm). Meanwhile, cultured explant on a semi-solid medium after 20 weeks; the results showed that ½ MS + NAA 0.05 mg/l + sucrose 20 g/l provided the highest shoot number and shoot length, with an average of 3.25 shoots and 1.28 cm, respectively.

Keywords: Cactus, Cytokinin, Sugar, Tissue culture

คำนำ

ต้น *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' อยู่ในวงศ์ Cactaceae มีถิ่นกำเนิดมาจากประเทศเม็กซิโก โดยมีพื้นที่กระจายพันธุ์หลักอยู่ในประเทศเม็กซิโก โดยเฉพาะในรัฐ Nuevo León, San Luis Potosí และ Coahuila ต้น *Ariocarpus* เป็นกระบองเพชรที่มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เนื่องจากมีความไวต่อสภาพอากาศมาก ดังนั้นควรมีการเพิ่มจำนวนต้น *Ariocarpus* ให้มีปริมาณมาก โดยปกตินิยมขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ซึ่งมีอัตราการงอกไม่คงที่ และใช้เวลาในการเจริญเติบโตนาน ทำให้ได้จำนวนต้นน้อย (Anderson et al., 1994) เหตุผลเหล่านี้ทำให้ *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' มีชื่อในรายชื่อภาคผนวก 1 ของ CITES ว่าเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (Hunt, 1992) ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงได้นำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (tissue culture) มาช่วยผลิตกระบองเพชรให้ได้ปริมาณมากในเวลาอันสั้น ต้นมีความแข็งแรง ปราศจากโรค และได้ต้นที่มีขนาดสม่ำเสมอ (James et al., 2013)

จากการศึกษาของ Manuel et al. (2021) พบว่า น้ำตาลซูโครสในปริมาณต่าง ๆ สามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตของยอดได้ เนื่องจากปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ต่ำจะสามารถชักนำรากได้ดีมากในกระบองเพชรแมมมิลลาเรีย (Eugenio et al., 2001) ในส่วนของสารควบคุมการเจริญเติบโตเมื่อใช้ BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเพิ่มจำนวนยอดได้ดี ถ้าใช้ BA ความเข้มข้นสูง จะเกิดการฉ่ำน้ำ สร้างแคลลัส และลดการเกิดยอด แต่ถ้า BA ความเข้มข้นต่ำจะส่งผลให้ต้นอ่อนมีความยาวมากขึ้น (Hemphill et al., 1998) รวมทั้ง Monostori et al. (2012) เปรียบเทียบการเลี้ยงชิ้นส่วนของกระบองเพชรสกุลใน *Melocactus*, *Cereus* และ *Lobivia* ในอาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลว พบว่า การเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งชิ้นส่วนไม่เกิดอาการฉ่ำน้ำ ส่วนในอาหารเหลวทำให้เกิดปัญหาการฉ่ำน้ำ แต่ชิ้นส่วนพืชจะดูดซึมอาหารได้ดี ทำให้ชิ้นส่วนมีการพัฒนาของเซลล์ค่อนข้างเร็วกว่า ซึ่งจะเห็นว่าทั้งอาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลวมีข้อดีที่แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส และ BA ที่เหมาะสมต่อการชักนำยอด ในอาหารเหลวและอาหารกึ่งแข็ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การเตรียมพืชทดลอง

ต้นอ่อน *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' ที่ได้จากการเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารกึ่งแข็งสูตร ½ Murashige and Skoog (MS) เป็นเวลา 1 ปี มีขนาด 2–3 เซนติเมตร นำมาตัดส่วนยอดให้มีขนาด 1–1.5 เซนติเมตร มีใบ 2–3 ใบ เลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร ½ MS เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เพื่อเพิ่มจำนวนต้นพืชทดลองที่มีใบ 2–3 ใบ

2.การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยง

เตรียมอาหารกึ่งแข็งสูตร ½ MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 10 และ 20 กรัมต่อลิตร เติม BA ความเข้มข้น 0 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับ pH ให้ได้ 5.7 หลังจากนั้นใส่อาหารลง flask 125 มิลลิลิตร ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ใช้สำหรับการทดลองที่ 1 ส่วนในการทดลองที่ 2 ใส่ Gellan gum 3 กรัมต่อลิตร และใส่อาหารลงในขวดแก้วขนาด 4 ออนซ์ จากนั้นนำอาหารไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3.การวางแผนการทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนในอาหารเหลว

คัดเลือกต้นอ่อน *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' ที่ได้จากการเพิ่มจำนวนบนอาหารกึ่งแข็งสูตร ½ MS ในสภาพปลอดเชื้อ ที่มีอายุ 12 สัปดาห์ โดยเลือกยอดที่มีใบ 2–3 ใบ ตัดให้มีความยาว 1 เซนติเมตร เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร ½ MS ที่เติม NAA 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 6-Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 0 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 และ 20 กรัมต่อลิตร แบ่งเป็น 6 ทรีตเมนต์ ได้แก่

ทรีตเมนต์ที่ 1 น้ำตาลซูโครส 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 น้ำตาลซูโครส 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 3 น้ำตาลซูโครส 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 4 น้ำตาลซูโครส 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA 0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 5 น้ำตาลซูโครส 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 6 น้ำตาลซูโครส 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

วางแผนการทดลองแบบ 2 × 3 Factorial in CRD มีทั้งหมด 6 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ยอดต่อขวด จากนั้นนำขวดไปวางในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนเครื่องเขย่า (Automatic shaker) ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ บันทึกจำนวนยอด และความยาวยอด ด้วยเวอร์เนีย

การทดลองที่ 2 การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนในอาหารกึ่งแข็ง

วางแผนการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1 แตกต่างกัน คือ เลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง จากนั้นนำขวดไปวางในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ภายใต้แสงสีขาว 40 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 20 สัปดาห์ บันทึก จำนวนยอด และความยาวยอด ด้วยเวอร์เนีย

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนในอาหารเหลว

จากการศึกษาการเกิดยอดและความยาวยอดของต้น *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' ในอาหารเหลวที่ได้รับ BAในระดับความเข้มข้น 0 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ น้ำตาลซูโครส 10 และ 20 กรัมต่อลิตร หลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า น้ำตาลซูโครสมีผลต่อการเพิ่มจำนวนยอด แต่ไม่มีผลต่อความยาวยอด โดยทรีตเมนต์ที่ได้รับน้ำตาลซูโครส 10 กรัมต่อลิตรให้จำนวนยอดสูงกว่า (5.43 ± 1.69 ยอด) น้ำตาลซูโครส 20 กรัมต่อลิตร (4.66 ± 0.76 ยอด) สอดคล้องกับการศึกษาของ Manuel et al. (2021) ในแมมมิลลาเรียพบว่า น้ำตาล 10 กรัม ให้จำนวนยอดมากขึ้นและแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ความยาวยอดยาวขึ้นด้วย นอกจากนี้ ในการศึกษาของ Pant et al. (2018) พบว่า การใช้น้ำตาลความเข้มข้นที่สูงเกินไปทำให้เกิดอาการ hyperhydricity และ osmotic stress ซึ่งจะส่งผลให้การดูดซึมสารอาหารและน้ำไม่สมบูรณ์ และการพัฒนาเซลล์หยุดชะงัก ในขณะที่ความเข้มข้นของ BA มีผลทำให้ทั้งจำนวนยอดและความยาวยอดมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอด และความยาวยอดมากที่สุด คือ 7.20 ± 1.62 ยอด และ 1.45 ± 0.13 ซม. ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rittirong et al.

(2019) พบว่า การใช้ BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรในยิมโนคาไรเซียม ส่งผลให้มีจำนวนยอด และความยาวยอดมากที่สุด นอกจากนี้พบว่าในอาหารเหลวชิ้นส่วนมีการสร้างแคคลัสจำนวนมาก และมีความฉ่ำน้ำ ซึ่งแสดงใน Fig.1

Table 1 The number of shoots and shoot length of *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' on ½ MS liquid medium supplemented with 0.05 mg/L NAA in various amounts of BA and sucrose concentrations after culturing 12 weeks

Factor	Treatment	Number of shoots	Shoot length (cm)
Sucrose concentration (A)	S10	5.43 ± 1.69^{a}	1.26 ± 0.12
	S20	4.66 ± 0.76^{b}	1.10 ± 0.14
BA concentration (B)	BA0	0.85 ± 0.20^{c}	0.99 ± 0.18^{c}
	BA1	7.20 ± 1.62^{a}	1.45 ± 0.13^{a}
	BA2	2.80 ± 1.02^{b}	1.10 ± 0.12^{bc}
A		*	ns
B		**	*
A × B		**	*

* Means ± SE in the same column followed by different superscripts is significantly different (p<0.05),

** Means ± SE is significantly different (p<0.01), and ns is not statistically significant

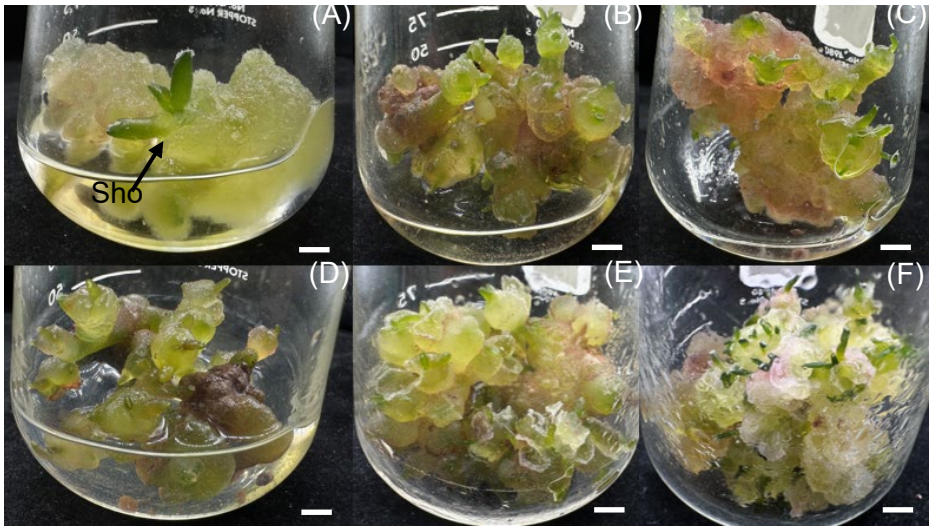


Fig. 1 Effects of 6-Benzyladenine and sucrose concentrations on shoot induction of *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' in ½ MS liquid medium supplemented with 0.05 mg/L NAA after culturing 12 weeks: (A) 10 g/L sucrose + 0 mg/L BA, (B) 10 g/L sucrose + 1 mg/L BA, (C) 10 g/L sucrose + 2 mg/L BA, (D) 20 g/L sucrose + 0 mg/L BA, (E) 20 g/L sucrose + 1 mg/L BA, (F) 20 g/L sucrose + 2 mg/L BA

* Scale bar: 1 cm

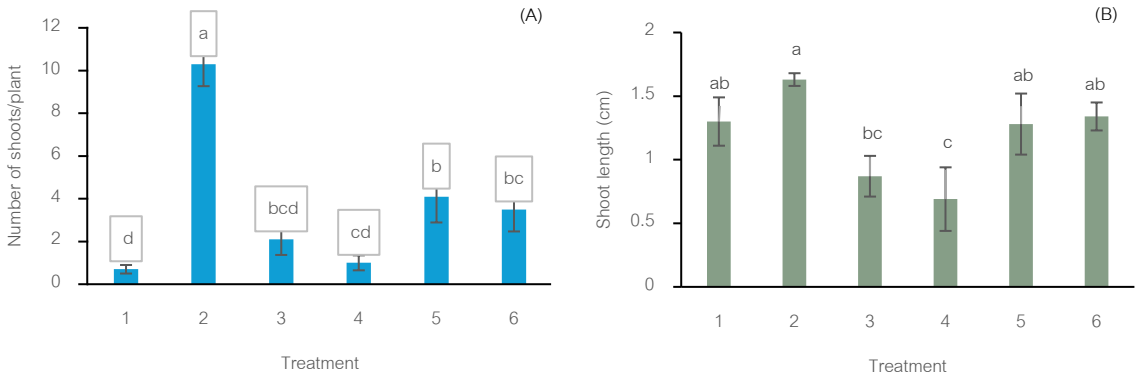


Fig. 2 Interaction between 6-Benzyladenine and sucrose concentrations on shoot induction of *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' in ½ MS liquid medium supplemented with 0.05 mg/L NAA after culturing 12 weeks: (1) 10 g/L sucrose + 0 mg/L BA, (2) 10 g/L sucrose + 1 mg/L BA, (3) 10 g/L sucrose + 2 mg/L BA, (4) 20 g/L sucrose + 0 mg/L BA, (5) 20 g/L sucrose + 1 mg/L BA, (6) 20 g/L sucrose + 2 mg/L BA; (A) number of shoots (B) shoot length

การทดลองที่ 2 การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนในอาหารกึ่งแข็ง

จากการศึกษาการเกิดยอดและความยาวยอดของต้น *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' ในอาหารกึ่งแข็งที่ได้รับ BAในระดับความเข้มข้น 0 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ น้ำตาลซูโครส 10 และ 20 กรัมต่อลิตร หลังเพาะเลี้ยง 20 สัปดาห์ พบว่า BA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้จำนวนยอดและความยาวยอดแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสทำให้จำนวนยอดและความยาวยอดแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำตาลซูโครส 20 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีจำนวนยอดและความยาวยอดมากที่สุด คือ 2.23 ± 0.31 ยอด และ 1.07 ± 0.14 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 2 สอดคล้องกับการศึกษาของ Tamás et al. (2012) พบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่สูงขึ้น ชิ้นส่วนใช้ซูโครสเป็นแหล่งพลังงานและเป็นสารที่ช่วยในการสร้างโปรตีนและกรดนิวคลีอิกซึ่งจำเป็นในการเจริญเติบโตของเซลล์ ช่วยให้การดูดซึมอาหารดีขึ้นและช่วยในการพัฒนายอดอีกด้วย

Table 2 The number of shoots and shoot length of *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' on ½ MS semi-solid medium supplemented with 0.05 mg/L NAA in various amounts of BA and sucrose concentrations after culturing 20 weeks

Factor	Treatment	Number of shoots	Shoot length (cm)
Sucrose concentration (A)	S10	1.33 ± 0.30^{b}	0.70 ± 0.12^{b}
	S20	2.23 ± 0.31^{a}	1.07 ± 0.1 ^{a}
BA concentration (B)	BA0	1.82 ± 0.53	0.79 ± 0.23
	BA1	1.45 ± 0.23	0.87 ± 0.11
	BA2	2.07 ± 0.38	1.00 ± 0.15
A		**	*
B		ns	ns
A X B		**	**

*Means ± SE in the same column followed by different superscripts is significantly different (p<0.05),

** Means ± SE is significantly different (p<0.01), and ns is not statistically significant

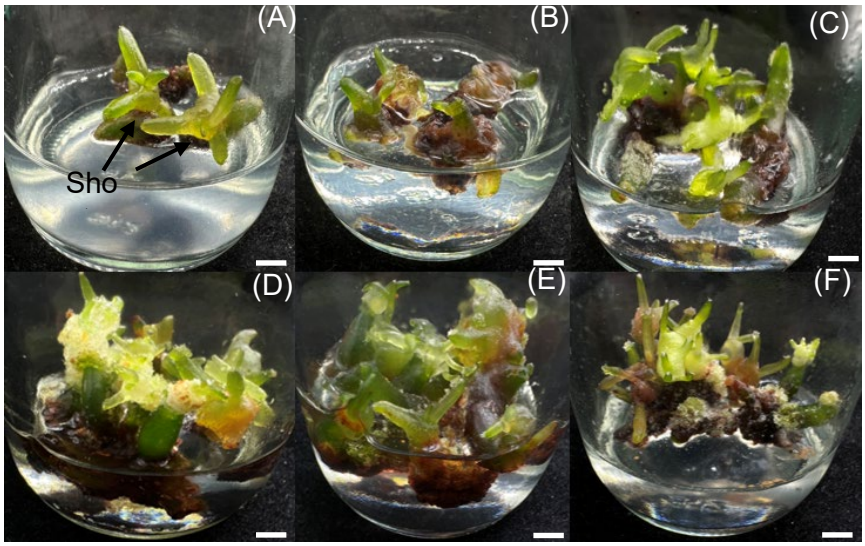


Fig. 3 Effects of 6-Benzyladenine and sucrose concentrations on shoot induction of *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' in ½ MS semi-solid medium supplemented with 0.05 mg/L NAA after culturing 20 weeks: (A) 10 g/L sucrose + 0 mg/L BA, (B) 10 g/L sucrose + 1 mg/L BA, (C) 10 g/L sucrose + 2 mg/L BA, (D) 20 g/L sucrose + 0 mg/L BA, (E) 20 g/L sucrose + 1 mg/L BA, (F) 20 g/L sucrose + 2 mg/L BA. Scale bar: 1 cm

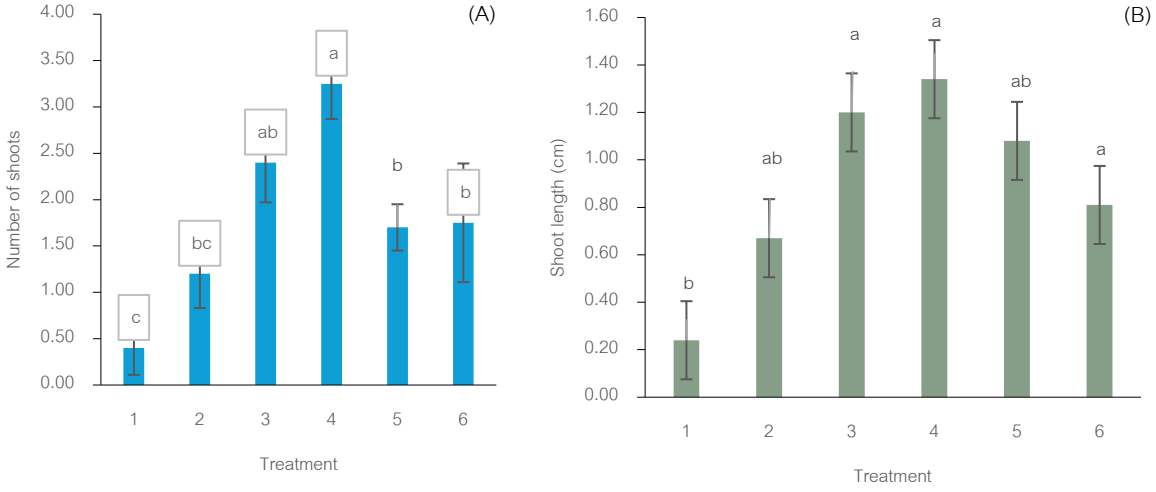


Fig. 4 Interaction between 6-Benzyladenine and sucrose concentrations on shoot induction of *Ariocarpus fissuratus* 'Godzilla' in ½ MS semi-solid medium supplemented with 0.05 mg/L NAA after culturing 20 weeks: (1) 10 g/L sucrose + 0 mg/L BA, (2) 10 g/L sucrose + 1 mg/L BA, (3) 10 g/L sucrose + 2 mg/L BA, (4) 20 g/L sucrose + 0 mg/L BA, (5) 20 g/L sucrose + 1 mg/L BA, (6) 20 g/L sucrose + 2 mg/L BA; (A) number of shoots (B) shoot length

จากการศึกษาผลของปัจจัยร่วมระหว่างน้ำตาลซูโครส และ BA ในอาหารเหลวและอาหารกึ่งแข็งพบว่าในอาหารเหลวที่เติมน้ำตาลซูโครส 10 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดและความยาวยอดสูงที่สุด คือ 10.30 ยอด และ 1.63 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงใน Fig.1 และ Fig. 2 ในขณะที่การเลี้ยงชิ้นส่วนในอาหารกึ่งแข็งพบว่า อาหารที่เติมน้ำตาลซูโครส 20 กรัมต่อลิตร และไม่เติม BA ให้จำนวนยอดและความยาวยอดสูงที่สุด คือ 3.25 ยอด และ 1.28 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงใน Fig. 3 และ Fig.4 โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Diego et al. (2021) พบว่า ในอาหารเหลวใช้ปริมาณน้ำตาลซูโครสน้อยกว่าในอาหารกึ่งแข็ง เพราะว่า ในอาหารเหลวชิ้นส่วนพืชจมอยู่ในอาหารตลอดเวลา และพืชมีการดูดซึมอาหารได้ดี ซึ่งถ้ามีน้ำตาลซูโครสปริมาณที่ต่ำ จะสามารถลดการฉ่ำน้ำได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Oscar et al. (2010) พบว่า กระบองเพชรแมมมิลลาเรียที่เลี้ยงในอาหารเหลวมีการดูดซึมอาหารได้อย่างสม่ำเสมอกว่าในอาหารกึ่งแข็ง ส่งผลให้การเจริญเติบโตและเกิดยอดได้มีประสิทธิภาพ และในอาหารกึ่งแข็ง มี Gellan gum ที่สามารถช่วยในการปลดปล่อย BA อย่างช้า ๆ ยอดจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าในอาหารเหลว ถ้าใช้ความเข้มข้น BA ที่สูงในอาหารเหลวจะทำให้มีอาการฉ่ำน้ำมากขึ้น ตามที่แสดงใน Fig. 1 อย่างไรก็ตามถึงแม้การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวจะให้จำนวนยอดที่มากกว่าการเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง แต่ยอดที่ได้มีลักษณะอาการฉ่ำน้ำมาก

สรุป

การเพิ่มจำนวน *Ariocarpus fissuratus* ‘Godzilla’ ให้มีความยาวไม่น้อยกว่า 1 เซนติเมตรในอาหารเหลวและอาหารกึ่งแข็งใช้เวลาเพาะเลี้ยงนาน 12 และ 20 สัปดาห์ ตามลำดับ พบว่า อาหารเหลวสูตรที่เหมาะสมที่สุด คือ ½ MS ที่เติม NAA 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ น้ำตาลซูโครส 10 กรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดเฉลี่ย 10.30 ยอด และความยาวยอด 1.63 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ยอดมีลักษณะอาการฉ่ำน้ำ ในขณะที่การเลี้ยงชิ้นส่วนยอดในอาหารกึ่งแข็งสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ ½ MS ที่เติม NAA 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 20 กรัมต่อลิตรให้จำนวนยอดเฉลี่ย 3.25 ยอด และความยาวยอด 1.28 เซนติเมตร ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

Anderson, E.F., Arias, S., Taylor, N.P., Cattabriga, A. 1994. Threatened Cacti of Mexico. Royal Botanical Gardens, Kew. London.

Diego, G., Saladina, V., María, Á.B., Conchi, S., Anxela, A., Nieves, V. 2021. The effect of sucrose supplementation on the micropropagation of *Salix viminalis* L. shoots in semisolid medium and temporary immersion bioreactors. Forests. 12: 1408. doi.org/10.3390/F12101408

Molphe-Balch, E.P., Dávila-Figueroa, C.A. 2001. *In vitro* Propagation of *Pelecyphora aselliformis* Ehrenberg and *P.Strobiliformis* Werdermann (Cactaceae). In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. 38: 73–78. doi.org/10.1007/s11627-001-0041-7

Hemphill, J.K., Maier, C.G.A., Chapman, K.D. 1998. Rapid *in vitro* plant regeneration of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Plant Cell Rep. 17: 273–278. doi.org/10.1007/s002990050540

Hunt, D. 1992. *CITES:* Cactaceae Checklist. Royal Botanic Gardens, Kew. London.

Funk, J.E., Finger, D.R. 2013. The Role of the Liquid Medium. Springer New. Delhi Heidelberg, New York, Dordrecht, London.

López Granero, L.G.M.M., Arana, A., González, J.J.R., Encina, C.L. 2021. *In Vitro* Mass Micropropagation of *Mammillaria Vetula* ssp. *Gracilis* var. *Arizonica* Snowcap. Research square. 3–14. doi.org/10.21203/rs.3.rs-738336/v1

García-Rubio. O., Malda-Barrera, G. 2010. Micropropagation and Reintroduction of the Endemic *Mammillaria mathildae* (Cactaceae) to Its Natural Habitat. Hortscience. 45: 934—938. doi.org/10.21273/HORTSCI.45.6.934

Pant, M., Bisht, P., Gusain, M.P. 2018. Effect of sucrose and media strength on in vitro multiplication in *swertia chirata* buch. ham ex wall: an endangered medicinal herb. Int J Pharm Pharm Sci. 10: 40–42. doi.org/10.22159/ijpps.2018v10i11.28135

Rittirong, C., Kiriphet, S., Rodduang, P., Rammasuit, S. 2019. Propagation of *Gymnocalycium damsii* by Tissue Culture Techniques. Journal of Physics and General Science. 3: 9–17. doi.org/10.22271/horticulture.2019.v3.i1a.28

Monostori, T., Tanács, L., Mile, L. 2012. Studies on *in vitro* propagation methods in cactus species of the genera *Melocactus*, *Cereus*, and *Lobivia*. Acta Horticulturae. 937: 255–261. doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2012.937.31

ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ที่มีต่อการยับยั้งเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวขณะเก็บรักษา

Effects of seed coating with chitosan combined with different concentrations of galangal essential oils on inhibiting *Callosobruchus maculatus* (F.) infestation on mung bean seeds during storage

เฌอรัชต์พัชร เขียววิชัย[a,*], **สุรีรัตน์ ทองคำ**[b], **เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข**[c]

Choeratphatchra Khieowichai[a,*], Sureerat Thongkam[b], Saowalak Buntoengsuk[c]

[a]ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร ลพบุรี 15210

[b]สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[c]กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ10900

[a]Lopburi Seed Research and Development Center, Seed Research and Development Division, Department of Agriculture, Lopburi 15210, Thailand

[b]Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

[c]Seed Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทดสอบประสิทธิภาพการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยไคโตซาน 5% โดยปริมาตร ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าระดับความเข้มข้น 0% 5% 10% 15% และ 20% โดยปริมาตร ต่อการป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว เพื่อทดแทนการใช้สารรมฟอสฟีนซึ่งเป็นสารเคมี ผลการทดลอง พบว่า การเคลือบไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าความเข้มข้น 20% โดยปริมาตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันด้วงถั่วเขียวสูงสุด โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับความเข้มข้นทุกระดับ จึงสามารถใช้ไคโตซานกับน้ำมันหอมระเหยข่าความเข้มข้น 20% โดยปริมาตร เพื่อป้องกันด้วงถั่วเขียวได้

คำสำคัญ: ไคโตซาน, ด้วงถั่วเขียว,น้ำมันหอมระเหยข่า

Abstract

The experiments were conducted to examine the effects of coating on mung bean seeds with chitosan 5% by volume with different concentrations of galangal essential oils at 0% 5% 10% 15% and 20% by volume as a replacement for phosphine fumigants in controlling *Callosobruchus maculatus* (F.) infestation. The effects of chitosan seed coating with galangal essential oils at 20% by volume was the most effective in preventing *C. maculatus* (F.) infestation that statistically significant compared with another concentration. These results suggest that mung bean seeds coated with chitosan and galangal essential oils 20% by volume can be used as a bio-insecticide to control of *C. maculatus* (F.) infestation.

Keywords: *Callosobruchus maculatus* (F.), Chitosan, Galangal essential oils

คำนำ

การเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร เช่น เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ถือเป็นกระบวนการสำคัญในการรักษาคุณภาพและป้องกันการเสียหายจากศัตรูพืชในระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะการทำลายจากด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* (F.)) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว การทำลายของด้วงถั่วเขียวจะทำให้เมล็ดพันธุ์เสียหายจากการเจาะกินเมล็ดและการวางไข่ภายในเมล็ดพันธุ์ ส่งผลให้มีการสูญเสียทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต (Jayaraj and Sadasivam, 2011) ดังนั้น วิธีการในการป้องกันการทำลายจากด้วงถั่วเขียวจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยเฉพาะในกรณีของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในระยะยาว ซึ่งโดยปกติการควบคุมด้วงถั่วเขียวในระดับอุตสาหกรรมเกษตรมักใช้สารเคมี เช่น ฟอสฟีน (Phosphine) หรือซัลเฟอร์ (Sulfur) ในการรมในพื้นที่เก็บรักษาเพื่อควบคุมการทำลายของแมลง แต่สารเคมีเหล่านี้อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ เนื่องจากการสะสมของสารเคมีที่อาจตกค้างในผลิตภัณฑ์เกษตร (Abd El-Hack et al., 2019) นอกจากนี้ การใช้สารเคมีในระยะยาวอาจทำให้เกิดปัญหาการดื้อยาในแมลง ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงถั่วเขียวลดลง (Subramanian and Srinivasan, 2010)

การใช้สารธรรมชาติในการควบคุมแมลงในกระบวนการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรเป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากข้อดีในด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่มีคุณสมบัติในการขับไล่แมลงและฆ่าแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ หนึ่งในน้ำมันหอมระเหยที่ได้รับความสนใจในการใช้ควบคุมแมลงในเกษตรกรรมคือ น้ำมันหอมระเหยข่า ซึ่งมีสารเคมีธรรมชาติ โดยเฉพาะสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และเทอร์ปีน (Terpenes) ที่มีความสามารถในการขับไล่และฆ่าแมลงได้ (Ravi and Banu, 2014) รวมถึงคุณสมบัติในการยับยั้งการเติบโตของแมลงและสามารถลดความสามารถในการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Khalil et al., 2017) จากการทดลองของที่ผ่านมาของ Somchit et al., (2015) พบว่า น้ำมันหอมระเหยข่าสามารถมีผลในการขับไล่ด้วงถั่วเขียวและลดอัตราการวางไข่ของมันได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการปฏิบัติหรือได้รับสารเคมี เช่นเดียวกับการทดลองของ Khalil et al., (2017) ที่พบว่า น้ำมันหอมระเหยข่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียวในสภาพแวดล้อมที่เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ และมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้สารเคมีบางชนิดในการควบคุมแมลง นอกจากนี้ ยังมีการทดลองการใช้ไคโตซาน (Chitosan) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ของพืช สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันแมลงได้อย่างมีประสิทธิผลและยั่งยืน (Mustaffa and Ariffin, 2017) การใช้สารธรรมชาติเหล่านี้นอกจากจะปลอดภัยต่อผู้บริโภคแล้ว ยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนในการควบคุมแมลงในกระบวนการเก็บรักษาผลผลิต

การใช้ไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากไคโตซานมีคุณสมบัติในการเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์พืชและสามารถป้องกันการติดเชื้อจากเชื้อโรคและแมลงได้ (Zhang et al., 2013) การรวมกันของน้ำมันหอมระเหยข่าที่มีคุณสมบัติในการขับไล่แมลงและไคโตซานที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพในการป้องกันแมลงจึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการทำลายจากด้วงถั่วเขียวในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าที่มีความเข้มข้นต่างๆ เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีในการควบคุมด้วงถั่วเขียวในกระบวนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ซึ่งคาดว่าผลจากการทดลองจะช่วยให้สามารถพัฒนาแนวทางการใช้สารธรรมชาติที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงถั่วเขียวได้อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เมล็ดถั่วเขียวสำหรับการทดลอง

ใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 โดยทำความสะอาดคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออก และนำมาคัดเลือกเมล็ดที่สะอาดและสมบูรณ์ ไม่มีร่องรอยของแมลงหรือเชื้อราติดอยู่ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 2 ชั่วโมง เพื่อฆ่าไข่หรือตัวอ่อนแมลงที่อาจปะปนมา แล้วปล่อยให้เย็นก่อนนำไปใช้

2. การเลี้ยงขยายพันธุ์ด้วงถั่วเขียวสำหรับการทดลอง

นำตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวเพาะขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ ใส่ถั่วเขียวที่เตรียมไว้ จำนวน 50 กรัม ในขวดแก้ว ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว จำนวน 50 คู่/ขวด เพื่อให้ด้วงถั่วเขียววางไข่ ปิดฝาขวดด้วยกระดาษซับ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนี้ 3 วัน นำตัวเต็มวัยออกจากขวดแก้ว ปิดฝาด้วยกระดาษซับดังเดิม หลังจากนั้นประมาณ 14 วัน ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวจะเริ่มเจาะเมล็ดออกมา คัดเลือกตัวเต็มวัยที่มีอายุ 0–5 วัน สำหรับทดสอบ

3. การเตรียมสารไคโตซานในการเคลือบเมล็ด

เตรียมสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร เช่นเดียวกับการทดลองของ ภวินท์ภัทร และคณะ (2562) ที่ใช้ไคโตซานความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากฟิล์มไคโตซาน โดยนำไคโตซานชนิดโพลิเมอร์แบบผง ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 5 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เติมกรดอะซิติคเล็กน้อย ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยในการละลาย ปรับค่า pH ให้มีค่า เท่ากับ 6.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

4. การเตรียมน้ำมันหอมระเหยข่า

นำส่วนเหง้าของข่าแก่ จำนวน 5 กิโลกรัม ล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งลมให้แห้งบนตะแกรง หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่งน้ำหนัก แล้วนำมาสกัดโดยการกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) เช่นเดียวกับวิธีการของ สุรีรัตน์ และอรัญญา (2560) ที่ใช้วิธีนี้ในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร และเก็บน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ในสภาพอุณหภูมิห้อง

5. การทดสอบประสิทธิภาพการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าต่อการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน โดยนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ที่เตรียมไว้มาเคลือบตามกรรมวิธี มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 30 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า ความเข้มข้น 0% โดยปริมาตร (ไม่เคลือบ) (Control)

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า ความเข้มข้น 10% โดยปริมาตร

กรรมวิธีที่ 4 เคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า ความเข้มข้น 15% โดยปริมาตร

กรรมวิธีที่ 5 เคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า ความเข้มข้น 20% โดยปริมาตร

5.1 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายไคโตซาน

เตรียมสารละลายกรดอะซิติก: ผสมกรดอะซิติกเข้ากับน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นประมาณ 1% โดยการเจือจางกรดอะซิติกเข้มข้นลงในน้ำ

ละลายผงไคโตซาน: นำผงไคโตซานในปริมาณ 1–2 กรัม ใส่ลงในสารละลายกรดอะซิติก 1% (100 มิลลิลิตร) ที่เตรียมไว้ ใช้เครื่องกวนสารหรือแท่งแก้วคนสาร ค่อยๆ คนให้ไคโตซานละลายในกรดอะซิติกจนกลายเป็นสารละลายไคโตซานที่มีความเข้มข้นประมาณ 1–2% จากนั้นทำการกรองสารละลายไคโตซานผ่านผ้าขาวบางเพื่อให้ได้สารละลายที่ใสและสะอาดมากขึ้น พร้อมสำหรับการเคลือบ

5.2 ขั้นตอนการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจำนวน 1,200 กรัม มาใช้ในการทดลอง โดยแบ่งใช้กรรมวิธีละ 200 กรัม เคลือบเมล็ด โดยใช้เครื่องเคลือบเมล็ดแบบจานหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ตามแต่ละกรรมวิธี โดยเปิดเครื่องเคลือบและตั้งค่าความเร็วให้เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ปรับความเร็วของลูกกลิ้งเพื่อให้เครื่องสามารถหมุนได้อย่างสม่ำเสมอ ความเร็ว 120 รอบต่อนาที ใส่เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจำนวนกรรมวิธีละ 200 กรัม ลงในเครื่องเคลือบ กรรมวิธีที่ใส่ไคโตซาน ใช้ไคโตซานปริมาณ 4 กรัม กรรมวิธีที่ใส่น้ำมันหอมระเหย ใช้น้ำมันหอมระเหยปริมาณ 2 กรัม ค่อยๆ หยดโดยใช้หลอดหยดขณะเครื่องหมุน ตามแต่ละกรรมวิธีลงในข่าลงบนเมล็ด โดยปล่อยให้เครื่องทำงานจนกระทั่งเมล็ดเคลือบอย่างทั่วถึงและมีความเงา หลังจากทำการเคลือบเสร็จแล้ว ให้นำเมล็ดผึ่งไว้ในถาดเหล็กที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เมล็ดแห้งและเคลือบติดสนิท โดยใช้เวลาประมาณ 1 วัน

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่เคลือบตามกรรมวิธีต่างๆ ใส่ขวดแก้วขนาดเท่าๆ กัน ขวดละ 300 เมล็ด (รวมทั้งสิ้น 30 ขวด) ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวที่เตรียมไว้ จำนวน 20 ตัว ลงในขวดแก้ว เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปิดฝาด้วยกระดาษซับเป็นเวลา 3 วัน นำตัวเต็มวัยออกจากขวดแก้ว ปิดฝาด้วยกระดาษซับดังเดิม หลังจากนั้นประมาณ 14 วัน ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวจะเริ่มเจาะเมล็ดออกมา

6. การบันทึกข้อมูล

บันทึกจำนวนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ถูกทำลายและไม่ถูกทำลาย วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี DMRT

ทำการทดลอง ณ อาคารตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี ต.โคกตูม อ.เมือง จ.ลพบุรี และห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัย สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าต่อการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองที่น่าสนใจต่อการใช้สารเคลือบที่มีน้ำมันหอมระเหยข่าในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยความเข้มข้นที่สูงขึ้นของน้ำมันหอมระเหยข่ามีผลในการยับยั้งการทำลายจากด้วงถั่วเขียวได้ดีกว่า โดยความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยข่ามีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการป้องกันด้วงถั่วเขียวจากการทำลายเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว โดยเมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วย ไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า 20% โดยปริมาตร สามารถป้องกันด้วงถั่วเขียวได้ 73.33% ซึ่งถือเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบ โดยการใช้ความเข้มข้นนี้ทำให้สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้ในระดับที่สูงเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น ๆ ที่ถูกทดสอบ (Somchit *et al*., 2015; Khalil et al., 2017) ในทางกลับกัน ไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า 15% โดยปริมาตร แม้ว่าจะให้ผลในการป้องกันที่ดีกว่าการเคลือบไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า แต่ก็ยังไม่สามารถแข่งขันกับความ

เข้มข้น 20% ได้ โดยสามารถป้องกันได้ 45.27% ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการป้องกันด้วงถั่วเขียวจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยข่าที่ต่ำกว่า (Table 1) เช่นเดียวกับการทดลองของ Wu et al., (2019) อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์นี้ยังคงบ่งชี้ว่า การใช้สารธรรมชาติในระดับความเข้มข้นกลางยังสามารถให้ผลในระดับที่ยอมรับได้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช

เมื่อใช้ไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า 10% โดยปริมาตร พบว่า ความสามารถในการป้องกันด้วงถั่วเขียวลดลงไปที่ 6.27% ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้ความเข้มข้นที่ต่ำกว่าไม่ได้ให้ผลที่น่าพอใจในการควบคุมแมลง (Ravi and Banu, 2014) เช่นเดียวกับการใช้ไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า ที่ระดับความเข้มข้น 5% และ 0% โดยปริมาตร ก็ไม่สามารถยับยั้งการทำลายจากด้วงถั่วเขียวได้เลย โดยทั้งสองกลุ่มการทดลองได้ผลลัพธ์เท่ากับ 0% ซึ่งหมายความว่าในระดับความเข้มข้นต่ำ น้ำมันหอมระเหยข่าไม่สามารถให้ผลในการป้องกันด้วงถั่วเขียวได้เลย

ผลการทดลองนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการป้องกันการทำลายจากด้วงถั่วเขียว โดยการใช้ ไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า เป็นวิธีการที่มีศักยภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชในระหว่างการเก็บรักษาผลผลิต (Khalil et al., 2017) น้ำมันหอมระเหยข่าเป็นสารธรรมชาติที่มีคุณสมบัติในการขับไล่แมลงได้ดีและมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้สารเคมีที่อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภค (Somchit et al., 2015) นอกจากนี้ ไคโตซานยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเมล็ดพันธุ์โดยการสร้างชั้นป้องกันที่สามารถลดการโจมตีจากแมลงได้ (Mustaffa and Ariffin, 2017) ผลจากการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารผสมนี้จึงสามารถเป็นทางเลือกที่ดีในการป้องกันการทำลายจากด้วงถั่วเขียวในระหว่างการเก็บรักษา การเคลือบเมล็ดถั่วเขียวด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่า 20% โดยปริมาตร ให้ผลการป้องกันการทำลายจากด้วงถั่วเขียวได้ถึง 73.33% เป็นการยืนยันถึงความมีประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยข่าในระดับความเข้มข้นสูง ซึ่งสามารถใช้งานได้จริงในเชิงการเกษตร โดยเฉพาะในกระบวนการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรที่มักประสบปัญหาจากแมลงศัตรูพืช (Wu et al., 2019) การใช้วิธีธรรมชาติเหล่านี้ช่วยลดความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีที่อาจมีผลต่อการปนเปื้อนของสารพิษในอาหาร ซึ่งเป็นความกังวลที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน ทั้งนี้ แม้ว่าผลการทดลองในครั้งนี้จะชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการป้องกันด้วงถั่วเขียวจากการใช้น้ำมันหอมระเหยข่าร่วมกับไคโตซาน แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการศึกษาผลกระทบในระยะยาว และยังชี้ให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยข่าเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการใช้ในการควบคุมด้วงถั่วเขียวและอาจนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่สามารถทดแทนสารเคมีในการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรได้ในอนาคต

Table 1. The percentage of mung bean seeds that remained undamaged by *C. maculatus* after 14-days period of testing chitosan coating in combination with different concentration of galangal essential oils coating

Treatment	The mung bean seeds that remained undamaged by C. maculatus (%)
Chitosan + Galangal essential oil coating 0%	0 c
Chitosan + Galangal essential oil coating 5%	0 c
Chitosan + Galangal essential oil coating 10%	6.27 c
Chitosan + Galangal essential oil coating 15%	45.27 b
Chitosan + Galangal essential oil coating 20%	73.33 a
F-test	*

สรุป

การทดสอบประสิทธิภาพการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยไคโตซาน 5% โดยปริมาตร ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าที่ระดับความเข้มข้น 0% 5% 10% 15% และ 20% โดยปริมาตร ต่อการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว พบว่าการเคลือบถั่วเขียวด้วยไคโตซาน ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าที่ระดับความเข้มข้น 20% โดยปริมาตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันด้วงถั่วเขียวสูงสุด ดังนั้น จึงสามารถนำน้ำมันหอมระเหยจากข่าร่วมกับการเคลือบไคโตซานมาใช้ในการเคลือบเมล็ดเพื่อป้องกันด้วงถั่วเขียวได้

เอกสารอ้างอิง

ภวินท์ภัทร จันทร์จิเรศรัศมี, นรีการณ์ ทารัตน์, ภัทราพร ครองตาเนิน. 2562. การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจากฟิล์มไคโตซาน. สืบค้นจาก http://61.7.235.163/project/fulltxt/fulltxt69.pdf.

สุรีย์รัตน์ มนัสธนินทร์, อรัญญา ธำรงพันธุ์. 2560. เทคโนโลยีการสกัดและกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abd El-Hack, M.E., Taha, A.E., El-Saadony, M.T., Shafi, M.E., Khafaga, A.F., Alagawany, M. 2019. *Chitosan as a biocontrol agent in agricultural pest management*. Int. J. Pest Manag. 63: 326–334.

Khalil, M.I., El-Hack, M.E., Alagawany, M., Farag, M.R., Taha, A.E. 2017. Chitosan as a biocontrol agent in stored product protection: A review. J. Stored Prod. Res. 81: 47–55.

Mustaffa, M., Ariffin, M.A. 2017. Chitosan-based formulations for the protection of stored grains. Food Control. 73: 623–630.

Pimentel, D., Burgess, M. 2014. Environmental and economic costs of chemical use in agriculture. Agric. Syst. 129: 95–104.

Ravi, R., Banu, K. 2014. Control of Callosobruchus maculatus in mung beans using plant-derived insecticides. Pest Manag. Sci. 70: 1222–1230.

Somchit, M.N., Ahmad, A., Kheng, C.C., Jamil, M. 2015. Insecticidal activity of galangal essential oil against *Callosobruchus maculatus* (F.). Int. J. Entomol. Res. 34: 212–220.

Subramanian, S. Srinivasan, K. 2010. Essential oils as a control measure for stored product pests. J. Essent. Oil Res. 22: 286–291.

Tiwari, J.K., Prakash, V. 2017. Application of natural products for pest control in food storage: A review. Postharvest Biol. Technol. 125: 73–81.

Wu, H., Wang, S., Wang, Q., Zhang, Y., Li, Y. 2019. Evaluation of the insecticidal properties of natural plant oils in stored grain protection. Ind. Crops Prod., 139: 111486.

Zhang, H., Li, H., Wang, H., Zhao, L. 2013. Chitosan as a potential biocontrol agent for pests. Agric. Res. 51: 124–130.

การเปรียบเทียบพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของบอนสีที่มีสีใบแตกต่างกัน 5 พันธุ์

Comparison of physiological parameters in five different leaf colors of *Caladium bicolor* (Aiton) Vent.

ชินพัฒน์ เขียวแก้ว, พัชรียา บุญกอแก้ว*

Chinnapatn Kheokaew, Patchareeya boonkorkaew*

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

บอนสีเป็นไม้ประดับที่ใบมีสีสันหลากหลายมีความนิยมปลูกเลี้ยงกันมากขึ้น โดยสีใบที่แตกต่างกันทำให้มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงศึกษาค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของบอนสี 5 พันธุ์ ได้แก่ ดารานพรัตน์-สีแดง ศิลาเพชร-สีขาว ลูกไม้ใบสีเขียว ลูกไม้ใบสีเหลือง และสอดสร้อยมาลา-สีชมพู วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 ทรีตเมนต์ พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การเปิดปิดปากใบ อัตราการคายน้ำ และความเขียวใบของต้นลูกไม้ใบสีเขียวมีค่าพารามิเตอร์สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญคือ 6.58 $\mu mol \cdot m^{-2}s^{-1}$, 0.19 $mol \cdot m^{-2}s^{-1}$, 0.0029 $mol \cdot m^{-2}s^{-1}$ และ 66.92 SPAD unit ตามลำดับ ขณะที่ต้นดารานพรัตน์มีค่าดังกล่าวต่ำสุด แต่กลับมีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด และมีจุดอิ่มตัวแสงสูงสุดถึง 307.69 $\mu mol \cdot m^{-2}s^{-1}$ และมีขนาดปากใบใหญ่ที่สุด ส่วนต้นลูกไม้ใบสีเหลืองมีจำนวนปากใบมากที่สุด คือ 34.93 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร จากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการตอบสนองของสีใบต่อพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปลูกเลี้ยงบอนสีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: การตอบสนองต่อแสง, พันธุ์บอนสี, พืชที่มีสีสันสวยงาม, ไม้ใบ

Abstract

Despite rising demand, caladium is a popular ornamental plant known for its vibrant foliage diversity. Leaf color variations, driven by pigment contents, result in differing responses to growing conditions. This study analyzes the photosynthetic parameters of five distinct Caladium varieties with differing leaf colors, including Dara-Noppharat (red), Silapetch (white), green-leaf hybrid, yellow-leaf hybrid, and Sordsoy-Mala (pink). The experimental design was CRD with five treatments. The result showed that net photosynthesis rate, stomatal conductance, transpiration rate, and leaf greenness were significantly highest by green-leaf hybrid with 6.58 $\mu mol \cdot m^{-2}s^{-1}$, 0.19 $mol \cdot m^{-2}s^{-1}$, 0.0029 $mol \cdot m^{-2}s^{-1}$ and 66.92 SPAD unit, respectively. Meanwhile, the Dara Nopparat had the lowest photosynthetic parameters. But it has the highest water use efficiency, the highest light saturation point of 307.69 $\mu mol \cdot m^{-2}s^{-1}$, and the largest stomata size. The yellow-leaf hybrid had the highest number of stomata, 34.93 stomata/mm^2. This study indicated that the response of leaf colors to photosynthetic parameters can be applied to growing caladium in an appropriate environment.

Keywords: Caladium cultivars, Colored plants, Foliage plants, Light response curve

คำนำ

บอนสี (*Caladium bicolor* (Aiton) Vent.) เป็นพืชในวงศ์บอน (Araceae) ที่มีรากสะสมอาหารอยู่ใต้ดิน ส่วนที่อยู่เหนือดินจะมีเพียงใบขนาดใหญ่พร้อมสีและรูปร่างใบที่หลากหลาย ก้านใบมีลักษณะเป็นหลอดยาวและดอก ไทยโพสต์ (2565) รายงานว่า ธุรกิจบอนสีในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ.2563–2565 มีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สูงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเกษตรกรบางรายสามารถสร้างรายได้ถึงหลักล้านบาทต่อเดือน ซึ่งตลาดภายในประเทศมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของธุรกิจบอนสี ในส่วนการส่งออกเกษตรกรไทยมุ่งเน้นไปที่การผลิตและจำหน่ายหัวบอนสีเป็นหลัก โดยมีปริมาณการส่งออกไม่ต่ำกว่า 200,000 หัวต่อปี อย่างไรก็ตาม ประเทศอื่น ๆ เช่น จีน เนเธอร์แลนด์ ศรีลังกา และรัฐฟลอริดาในสหรัฐอเมริกา มีศักยภาพในการผลิตและส่งออกบอนสีไปได้ทั่วโลกทั้งในรูปแบบหัว (tuber) และแบบไม้กระถาง (อรวรรณ, 2548; Acharya, 2014) เนื่องจากบอนสีเป็นไม้ประดับที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ด้วยลักษณะเด่นของสีใบที่มีสีสันหลากหลาย เป็นผลมาจากระดับความแตกต่างของปริมาณรงควัตถุในใบพืช เช่น คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน เป็นต้น (Budiarto et al., 2024)

สีของใบบ่งบอกได้ถึงประสิทธิภาพในการดูดซับแสงสำหรับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ปริมาณรงควัตถุในใบเป็นปัจจัยภายในของพืชที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยศุภชาติ (2554) รายงานว่า อโกลนีมาพันธุ์แดงสยาม (*Aglaonema modestum* 'Daeng Siam') ที่มีใบสีเขียว และเส้นใบสีแดง มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงกว่าอโกลนีมาพันธุ์อื่นที่มีสีใบสีขาว หรือสีแดง นอกจากนี้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงยังขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในอื่นๆ เช่น พันธุกรรม อายุของใบพืช เป็นต้น (สมบุญ, 2548; พูนพิภพ, 2553; Borek et al., 2016) ซึ่ง Budiarto et al. (2024) แบ่งบอนสีออกเป็น 2 กลุ่ม ตามสีของใบ และกล่าวว่าพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มใบสีอ่อนจะมีค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การเปิดปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สูงกว่าบอนสีในกลุ่มใบสีเข้ม

บอนสีสามารถปลูกเลี้ยงได้ทั้งภายในอาคารที่มีแสงน้อย ใต้ร่มเงาต้นไม้ที่มีแสงรำไร กลางแจ้งที่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง สีใบที่แตกต่างกันจะมีผลต่อพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งยังไม่มีรายงานในบอนสี และถ้าทราบผลของสีใบต่อค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว จะทำให้การจัดการสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสมต่อการปลูกเลี้ยงบอนสีได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดทั้งปี ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การเปิดปิดปากใบ อัตราการคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ และความเขียวใบ รวมทั้งจำนวนปากใบและขนาดปากใบของบอนสีที่มีสีใบแตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทดลอง และการวางแผนการทดลอง

ต้นบอนสี อายุ 4 เดือน ในกระถางพลาสติกพร้อมจานรองกระถาง ขนาด 6 นิ้ว จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ ดารานพรัตน์-สีแดง ศิลาเพชร-สีขาว ลูกไม้ใบสีเขียว ลูกไม้ใบสีเหลือง และ สอดสร้อยมาลา-สีชมพู พันธุ์ละ 4 กระถาง โดยใช้วัสดุปลูกเป็นใบก้ามปูแห้ง (Fig. 1) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จัดพืชทดลอง 5 พันธุ์ เป็น 5 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 4 ซ้ำ รวม 20 กระถาง ทำการทดลองในโรงเรือนหลังคากันฝนพรางแสง 80% มีการระบายอากาศที่ดี มีอุณหภูมิเฉลี่ย 30–28°C ความเข้มแสงต่อวัน 20–170 $\mu mol \cdot m^{-2}s^{-1}$ PPFD ณ สวนกล้วยไม้ระพี สาคริก ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ปฏิบัติดูแลรดน้ำทุกวัน ทำการทดลองตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2567

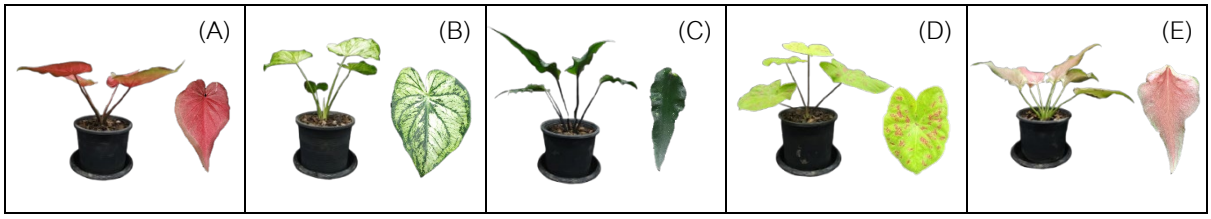


Fig. 1 Leaf characteristic of caladium 'Dara-Nopparat' (A), 'Silapetch (B), 'green-leaf hybrid' (C), 'yellow-leaf hybrid' and (D) Sordsoy-Mala (E)

การวัดค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (P_n) การเปิดปิดปากใบ (g_s) และ อัตราการคายน้ำ (E) วัดด้วยเครื่อง Portable Photosynthesis System รุ่น LI-6800 (LI-COR, USA) ในสัปดาห์ที่ 8 หลังจากเริ่มการทดลอง และคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ตาม Equation 1

$$\text{Water Use Efficiency (WUE)} = \frac{\text{Net photosynthesis rate } (\mu mol \cdot m^{-2}\ s^{-1})}{\text{Transpiration rate } (mol \cdot m^{-2}\ s^{-1})} \quad (1)$$

Where; Water Use Efficiency is represent in μmol (CO_2)•mol^{-1} (H_2O) unit

การศึกษาการตอบสนองต่อความเข้มแสง (Light response curve)

ใบบอนสีที่ขยายขนาดเต็มที่แล้ว (mature leaf) ในตำแหน่งใบที่ 3 จากยอด จะถูกนำมาวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในสัปดาห์ที่ 8 หลังจากเริ่มการทดลอง ที่ความเข้มแสง 0 25 50 75 100 150 200 400 600 800 และ 1000 μmol•$m^{-2}s^{-1}$ โดยกำหนดให้ทุกความเข้มแสงพืชได้รับ ความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ 400 ppm ความชื้นสัมพัทธ์ 65% และอุณหภูมิ 33°C

การศึกษาลักษณะและจำนวนปากใบ

ลักษณะและจำนวนปากใบของใบบอนสีที่ขยายขนาดเต็มที่แล้ว (mature leaf) ในตำแหน่งใบที่ 3 จากยอด ใช้วิธีลอกผิวใบด้วยน้ำยาทาเล็บ โดยหลังจากน้ำยาทาเล็บที่ใบแห้ง และถูกลอกมาแล้วจะถูกนำมาส่องใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อนับจำนวนปากใบ ที่กำลังขยาย 10x และเพื่อศึกษาลักษณะ และขนาดของปากใบ ที่กำลังขยาย 40x โดยเทียบกับ Stage micrometer ในสัปดาห์ที่ 8 หลังจากเริ่มการทดลอง

การวัดค่าความเขียวใบ

ความเขียวใบ (SPAD) ของใบบอนสีที่อยู่ในระยะใบอ่อน ใบที่ขยายขนาดเต็มที่แล้ว และใบแก่ของทั้ง 5 พันธุ์ ถูกวัดด้วยเครื่องวัดความเขียวใบ (SPAD meter) รุ่น SPAD-502 Plus (Konica Minolta, Japan) ในสัปดาห์ที่ 8 หลังจากเริ่มการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (net photosynthesis rate; P_n) ของบอนสีทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ที่มีค่า P_n สูงที่สุด คือ ลูกไม้ใบสีเขียว มีค่าเท่ากับ 6.58 μmol•$m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือ ลูกไม้ใบสีเหลือง ศิลาเพชร-ขาว สอดสร้อยมาลา-ชมพู และดารานพรัตน์-แดง โดยมีค่าเท่ากับ 3.54, 2.08, 1.33 และ 0.98 μmol•$m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ดังที่แสดงใน Table 1

การเปิดปิดปากใบ (Stomatal conductance; g_s) ของบอนสีทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ที่มีค่า g_s สูงที่สุด คือ ลูกไม้ใบสีเขียว มีค่าเท่ากับ 0.19 μmol•$m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือ ลูกไม้ใบสีเหลือง ศิลาเพชร-ขาว สอดสร้อยมาลา-ชมพู และดารานพรัตน์-แดง โดยมีค่าเท่ากับ 0.12, 0.06, 0.04 และ 0.01 μmol•$m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ดังที่แสดงใน Table 1

อัตราการคายน้ำ (Transpiration rate; E) ของบอนสีทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ที่มีค่า E สูงที่สุด คือ ลูกไม้ใบสีเขียว มีค่าเท่ากับ 0.00291 mol•$m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือ ลูกไม้ใบสีเหลือง ศิลาเพชร-ขาว สอดสร้อยมาลา-ชมพู และดารานพรัตน์-แดง โดยมีค่าเท่ากับ 0.00185, 0.00114, 0.0007 และ 0.00024 mol•$m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ดังที่แสดงใน Table 1

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water use efficiency; WUE) ของบอนสีทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ที่มีค่า WUE สูงที่สุด คือ ดารานพรัตน์-แดง มีค่าเท่ากับ 4163.04 μmol(CO_2)•mol^{-1} (H_2O) รองลงมาคือ สอดสร้อยมาลา-ชมพู ลูกไม้ใบสีเขียว ลูกไม้ใบสีเหลือง และศิลาเพชร-ขาว โดยมีค่าเท่ากับ 2421.29, 2389.37, 2015.49 และ 1759.72 μmol(CO_2)•mol^{-1}(H_2O) ตามลำดับ ดังที่แสดงใน Table 1

Table 1 Comparison of photosynthetic parameters of five caladium cultivars

Cultivar	Leaf color	Leaf greenness	P_n	g_s	E	WUE
Dara-Noppharat	Red	12.80^{c}	0.98^{c}	0.01442^{c}	0.00024^{c}	4163.04^{a}
Silapetch	White	18.83^{b}	2.08^{bc}	0.06866^{bc}	0.00114^{bc}	1759.72^{b}
Green-hybrid	Green	69.13^{a}	6.58^{a}	0.19144^{a}	0.00291^{a}	2389.37^{b}
Yellow-hybrid	Yellow	16.00^{bc}	3.54^{b}	0.11687^{ab}	0.00185^{ab}	2015.49^{b}
Sordsoy-Mala	Pink	14.55^{bc}	1.33^{c}	0.04270^{bc}	0.00070^{bc}	2421.29^{b}
F-test		**	**	**	**	**
CV%		84.79	78.69	88.01	83.79	45.88

**Means with different lowercase letters are significantly different at $p < 0.01$ by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

พูนพิภพ (2553) กล่าวว่า กระบวนสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ โดยอาศัยความสามารถในการดูดรับพลังงานแสงจากรงควัตถุ (pigment) ในคลอโรพลาสต์ เพื่อสร้างพลังงานในรูป ATP และ NADPH ใน light reactions สอดคล้องกับค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การเปิดปิดปากใบ อัตราการคายน้ำ และความเขียวใบของบอนสีพันธุ์ลูกไม้ใบสีเขียว ที่มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 4 พันธุ์ ค่าความเขียวใบที่สูงบ่งชี้ถึงคลอโรฟิลล์ปริมาณมากที่ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงทั้ง 3 พารามิเตอร์ของพันธุ์ลูกไม้สีเขียวสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ หากได้รับแสงในปริมาณที่เหมาะสมจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ เช่นเดียวกันกับในพันธุ์ดารานพรัตน์ (ใบสีแดง) ที่มีความเขียวใบต่ำสุด การดูดรับพลังงานแสงที่ทำได้น้อยกว่า ทำให้มีค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำที่สุดเช่นกัน ทั้งนี้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

ของบอนสีพันธุ์ดารานพรัตน์กลับมีค่าสูงที่สุด ขณะที่พันธุ์อื่น ๆ มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ เนื่องจากพันธุ์ดารานพรัตน์มีอัตราการคายน้ำที่ต่ำมาก ทำให้บอนสีพันธุ์ดารานพรัตน์นี้ มีความสามารถในการรับมือต่อสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงหรือความเข้มแสงสูงได้ดี (Zhao et al., 2021)

การตอบสนองต่อความเข้มแสง

จากการวัดการตอบสนองต่อความเข้มแสงในสัปดาห์ที่ 8 ของการทดลอง พบว่า บอนสีพันธุ์ลูกไม้ใบสีเขียว มีค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในการศึกษาการตอบสนองต่อความเข้มแสงที่สูงกว่าอีก 4 พันธุ์ รองลงมาคือ ลูกไม้ใบสีเหลือง โดยพันธุ์ลูกไม้ใบสีเหลืองมีค่า light compensation point (LCP) สูงที่สุดเท่ากับ 7.81 μmol•$m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือ ศิลาเพชร (ใบสีขาว) ดารานพรัตน์ (ใบสีแดง) ลูกไม้ใบสีเขียว และสอดสร้อยมาลา (ใบสีชมพู) ซึ่งมีค่า LCP เท่ากับ 6.16, 5.73, 2.45 และ 1.91 μmol•$m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ในขณะที่ค่า light saturation point (LSP) ของดารานพรัตน์มีค่าสูงที่สุด คือ 307.69 μmol•$m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือ ลูกไม้ใบสีเขียว ศิลาเพชร ลูกไม้ใบสีเหลือง และสอดสร้อยมาลา มีค่า LSP เท่ากับ 224.17, 186.1, 141.13 และ 80.18 μmol•$m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ (Fig. 2)

บอนสีพันธุ์สอดสร้อยมาลา (ใบสีชมพู) มีค่า LCP และ LSP ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกันกับบอนสีอีก 4 พันธุ์ ซึ่งเป็นลักษณะของพืชที่ชอบร่ม สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มแสงน้อยได้ดี เนื่องจากมีความต้องการแสงในปริมาณน้อยสำหรับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ในทางกลับกัน บอนสีพันธุ์ดารานพรัตน์ (ใบสีแดง) มีค่า LSP สูงที่สุด บ่งบอกถึงการเป็นพืชที่ทนต่อแสงแดดได้มากกว่าพันธุ์อื่น ๆ บ่งถึงเป็นพืชที่มีความชอบแดดมากกว่า

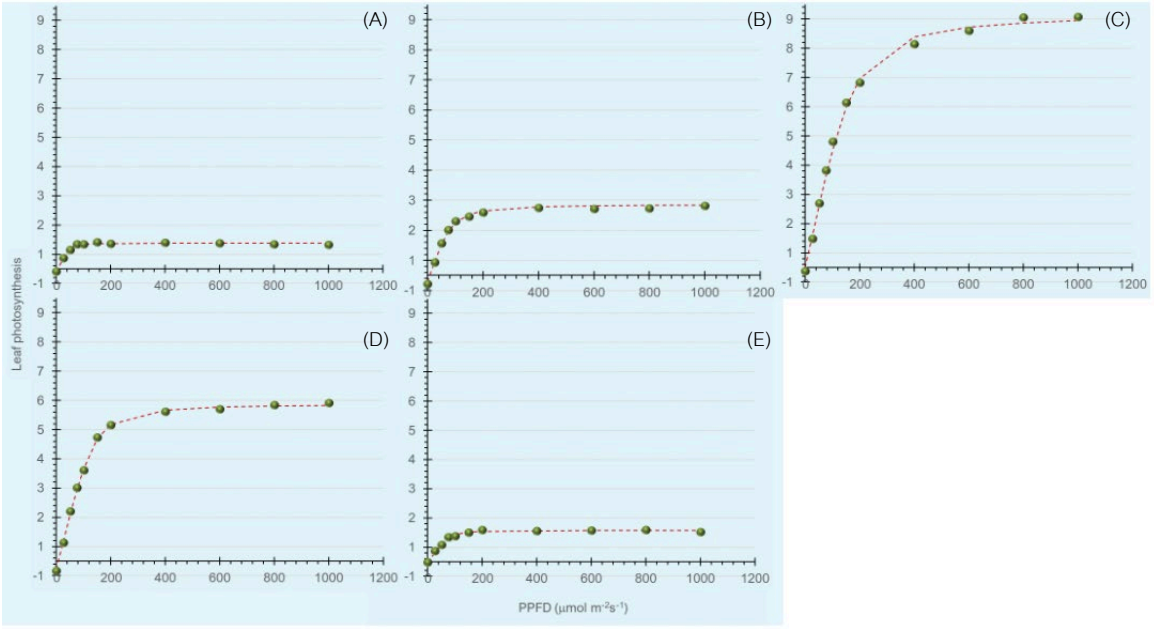


Fig. 2 Light response curve of caladium 'Dara-Nopparat' (A), 'Silapetch (B), 'green- leaf hybrid' (C), 'yellow-leaf hybrid' and (D) Sordsoy-Mala (E)

ลักษณะและจำนวนปากใบ

ปากใบของบอนสีทั้ง 5 พันธุ์ มีลักษณะที่เหมือนกัน แตกต่างกันที่ขนาดของปากใบ โดยมีเซลล์คุม (guard cell) ประกบคู่กันอยู่ ทำหน้าที่เป็นช่องประตูเปิดปิดของปากใบเพื่อควบคุมการไหลผ่านของก๊าซ และป้องกันการสูญเสียน้ำของพืช เซลล์ที่อยู่ติดกับเซลล์คุมคือเซลล์เสริม (Subsidiary cell) ดังที่ปรากฏใน Fig. 3 บอนสีทั้ง 5 พันธุ์ มีลักษณะของเซลล์เสริมแบบ brachyparacytic คือ เซลล์เสริมจะประกบคู่กับเซลล์คุมทั้ง 2 ฝั่ง โดยมีรูปร่างขนานไปกับเซลล์คุม และบริเวณส่วนบนของเซลล์คุมจะมีเซลล์ 1 เซลล์ประกบติด เป็นเช่นเดียวกันกับบริเวณส่วนล่างของเซลล์คุม (Saadu et al., 2009; ศุภชาติ, 2554)

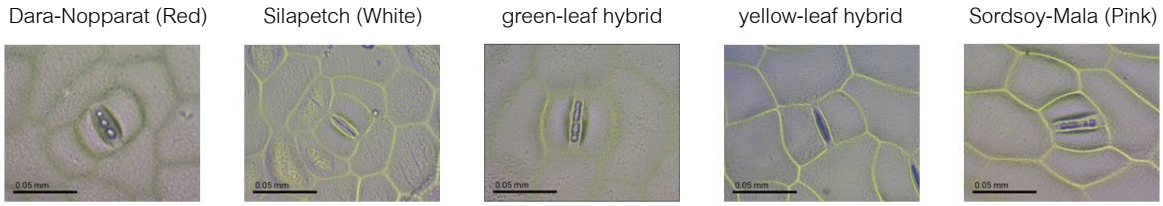


Fig. 3 Stomata type of five caladium cultivars

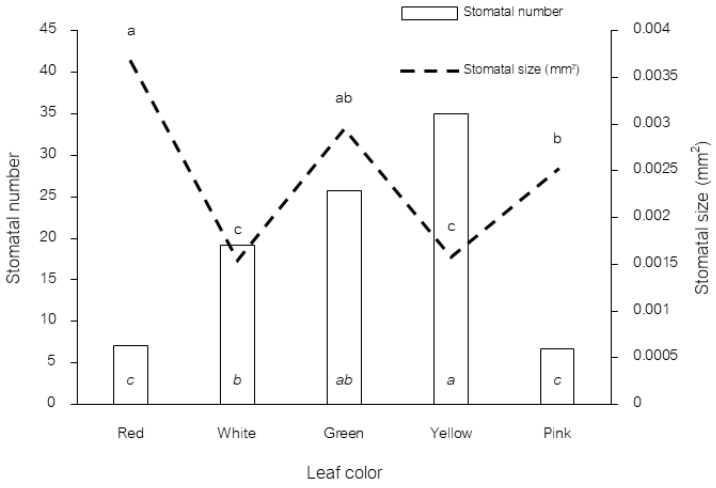


Fig. 4 Stomata number and size of five caladium cultivars. Different lowercase letters above lines and bars indicate significant (p<0.01) differences within each leaf color; 'Dara-Nopparat' (Red), 'Silapetch (White), 'green-leaf hybrid' (Green), 'yellow-leaf hybrid' (Yellow), and Sordsoy-Mala (Pink)

ดังที่แสดงใน Fig. 3 และ Fig. 4 ปากใบของบอนสีพันธุ์ดารานพรัตน์ (ใบสีแดง) มีขนาดปากใบใหญ่ที่สุด ประมาณ 0.0037 ตารางมิลลิเมตร รองลงมาคือ ลูกไม้ใบสีเขียว และ สอดสร้อยมาลา (ใบสีชมพู) ประมาณ 0.0029 และ 0.0025 ตร.มม. ตามลำดับ โดยศิลาเพชร (ใบสีขาว) และลูกไม้ใบสีเหลืองเป็น 2 พันธุ์ ที่มีขนาดปากใบเล็กที่สุด ประมาณ 0.0015 และ 0.0016 ตร.มม. ตามลำดับ ส่วนของจำนวนปากใบของบอนสี 5 พันธุ์ มีจำนวนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน พันธุ์ลูกไม้ใบสีเหลืองมีจำนวนปากใบสูงที่สุด ประมาณ 34.93 ต่อตร.มม. รองลงมาคือ ลูกไม้ใบสีเขียว ศิลาเพชร (ใบสีขาว) ดารานพรัตน์ (ใบสีแดง) และสอดสร้อยมาลา (ใบสีชมพู) โดยมีจำนวน 25.74, 19.20, 7.05 และ 6.74 ต่อตร.มม. ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่า พันธุ์ลูกไม้ใบสีเหลืองมีความหนาแน่นของปากใบที่สูง แต่ปากใบมีขนาดเล็ก ในทางกลับกัน ดารานพรัตน์

และศิลาเพชร ทั้งคู่มีปากใบที่ขนาดใหญ่ ทำให้มีจำนวนปากใบที่น้อยกว่าพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราการคายน้ำของทั้งสองพันธุ์

ความเขียวใบ

บอนสีพันธุ์ลูกไม้ใบสีเขียว วัดความเขียวใบเฉลี่ยนสูงที่สุด คือ 69.13 SPAD unit ดังที่แสดงใน table 1 ต่างจากบอนสีอีก 4 พันธุ์อย่างชัดเจน คือ ศิลาเพชร (ใบสีขาว) ลูกไม้ใบสีเหลือง สอดสร้อยมาลา (ใบสีชมพู) และดารานพรัตน์ (ใบสีแดง) ที่มีค่า 18.83, 16.00, 14.55 และ 12.80 SPAD unit ตามลำดับ และหากพิจารณาถึงความเขียวใบที่อายุใบต่างกัน บอนสีพันธุ์ดารานพรัตน์ ศิลาเพชร ลูกไม้ใบสีเขียว และสอดสร้อยมาลา มีความเขียวใบในแต่ละอายุใบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีเพียงลูกไม้ใบสีเหลืองที่มีความเขียวใบของใบอ่อน ใบที่ขยายขนาดใบเต็มที่แล้ว และใบแก่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังที่แสดงใน Table 2

อายุของใบบอนสีที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความเขียวใบเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะในบอนสีพันธุ์ศิลาเพชร และสอดสร้อยมาลา ใบที่มีอายุน้อยกว่าจะมีความเขียวใบที่น้อยกว่าใบที่มีอายุมากกว่า สำหรับพันธุ์ศิลาเพชร ใบอ่อนจะมีพื้นที่ของแผ่นใบส่วนใหญ่เป็นสีขาว และเมื่ออายุใบมากขึ้น พื้นที่โดยทั่วของใบโดยเฉพาะเส้นใบจะมีสีเขียวมากขึ้น และสำหรับพันธุ์สอดสร้อยมาลา ใบอ่อนจะมีสีชมพูทั้งใบ เมื่ออายุใบมากขึ้น ส่วนของขอบใบจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเขียวก่อน ทั่วทั้งแผ่นใบเปลี่ยนเป็นสีเขียวผสมกับสีชมพูในใบแก่ ลักษณะการเพิ่มขึ้นของความเขียวใบแสดงให้เห็นว่าใบอ่อนของพืชไม่ได้มีบทบาทในการสร้างอาหาร แต่เป็นใบแก่ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่มีส่วนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

Table 2 Leaf greenness of different leaf ages in five caladium cultivars

Cultivar	Leaf color	Leaf greenness (SPAD unit)			*F*-test
		Young leaf	Mature leaf	Old leaf	
Dara-Noppharat	Red	6.33^{cB}	12.50^{cA}	14.35^{cA}	**
Silapetch	White	7.48^{cC}	23.40^{bB}	38.08^{bA}	**
Green-hybrid	Green	56.75^{aB}	66.92^{aAB}	63.15^{aA}	**
Yellow-hybrid	Yellow	16.45^{b}	16.97^{bc}	17.65^{c}	ns
Sordsoy-Mala	Pink	5.87^{cC}	12.83^{cB}	18.56^{cA}	**
F-test		**	**	**	
CV%		113.34	82.81	63.60	

ns indicates no significance

** Means with different lowercase or uppercase letters are significantly different at $p<0.01$ by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

สรุป

พารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของบอนสีทั้ง 5 พันธุ์มีความแตกต่างกัน โดยพันธุ์ที่มีความเขียวใบสูงจะมีค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง (อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ อัตราการคายน้ำ และการเปิดปิดปากใบ) สูงสอดคล้องกัน และในทางกลับกัน พันธุ์ที่มีความเขียวใบต่ำจะมีค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำด้วยเช่นกัน แต่มี

ประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำไปใช้ในการศึกษาผลของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันต่อการปลูกเลี้ยงบอนสี เพื่อหาแนวทางในการจัดการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกเลี้ยงบอนสีที่มีสีใบต่างกันต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สวนมณีมณ อ. บางบัวทอง จ. นนทบุรี ที่สนับสนุนต้นบอนสีที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ไทยโพสต์. 2565. ธุรกิจ 'บอนสี' พืชเศรษฐกิจน่าสนใจเงินสะพัดกว่าพันล้าน/ปี. https://www.thaipost.net/economy-news/238869/, 26 ธันวาคม 2657.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2553. ชีววิทยา 2, พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด. กรุงเทพฯ.

ศุภชาติ ธรรมนิติเวทย์. 2554. การปรับตัวทางสรีรวิทยาของอโกลนีมาใบหลากสีในสภาพการใช้งานภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยา (Plant physiology), พิมพ์ครั้งที่ 4. จามจุรีโปรดักท์. กรุงเทพฯ.

อรวรรณ วิชัยลักษณ์. 2548. บอนสี, พิมพ์ครั้งที่ 1.โรงพิมพ์ชุมนุมการเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

Acharya, A.K. 2014. Caladium cultivation: for ornamental, medicine and export. https://www.researchgate.net/publication/353068669_Caladium_cultivation_for_ornamental_medicine_and_export, 26 December 2024.

Borek, M.L., Baczek-Kwinta R., Rapacz, M. 2016. Photosynthetic activity of variegated leaves of *Coleus* x *hybridus* hort. cultivars characterised by chiorophyll fuorescence techniques. Photosynthetica 54: 331–339. doi.10.1007/s11099-016-0225-7

Budiarto, R., Mubarok, S., Hamdani, J.S., Nanda, M.A., Jaya, M.H.I.S., Rahma, S.A., Rofiq, M.A., Abdullakasim, S. 2024. Physiological characteristics of ornamental caladiums (*Caladium* x *hortulanum* Birdsey, Araceae Juss.) through leaf color diversity. SAAB. 174: 228–238. doi.org/10.1016/j.sajb.2024.08.054

Saadu, R.O., Abdulrahaman, A.A., Oladele, F.A. 2009. Stomatal complex types and transpiration rates in some tropical tuber species. AJPS. 3: 107–112.

Zhao, X., Lifang, K., Qian, W., Cong, L., Wei, L., Wenli, C., Tao, S., Juan, Y. 2021. Water Use Efficiency and Stress Tolerance of the Potential Energy Crop *Miscanthus lutarioriparius* Grown on the Loess Plateau of China. Plants. 10: 544. https://doi.org/10.3390/plants10030544

สาขาสัตวแพทยศาสตร์

(Subject: Veterinary Medicine)

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนทางธุรกิจฟาร์มโคนมในเขตพื้นที่จังหวัดราชบุรีและนครปฐม เปรียบเทียบระหว่างสองช่วงเวลา

The study on cost and profit of dairy farming bussiness located in Ratchaburi and Nakhon-pathom provinces between 2 periods time

ภาสกร จีนขาวขำ, ธัญพร วรรณเจริญ ,จินต์จุฑา นิลจำรัส, ประภาศิริ ผลอินทร์, ศุภชาติ ปานเนียม*, อนวัช แสงมาลี

Passakorn Jeenkhaokham, Thunyaporn Vannacharoen, Jinjuta Ninjamrush, Prapasiri Pol-in Supachart Panneum*, Anawat Saengmalee

คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Faculty of veterinary medicine, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhonprathom 73140, Thailand

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

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตน้ำนมดิบ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนและกำไรในเดือนพฤศจิกายน 2566 และเดือนเมษายน 2567 พบว่าต้นทุนทั้งหมดของฟาร์มจากทั้งสองช่วงเวลาไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ต้นทุนส่วนใหญ่คือต้นทุนผันแปร สัดส่วนที่มากที่สุดได้แก่ ต้นทุนค่าอาหาร (60.24%–65.54%) จากการศึกษาไม่พบความแตกต่างของต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยาบระหว่างเดือนพฤศจิกายนและเมษายน (p-value = 0.202 และ 0.338 ตามลำดับ) ในเดือนพฤศจิกายน ค่ามัธยฐานของกำไรคือ -16,000.15 บาท (-95,364.96–115,953.60 บาท) ในขณะที่เดือนเมษายน มีค่ามัธยฐานของกำไรอยู่ที่ 26,659.78 บาท (-260,734.06–150,958.04 บาท) เมื่อคิดสัดส่วนกำไรเทียบต้นทุนทั้งหมด มีค่ามัธยฐานอยู่ที่ -9.61% (-36.15,43.60%) และเมื่อเทียบระหว่างเดือนพฤศจิกายนและเมษายน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: กำไร, ต้นทุน, ธุรกิจ, ฟาร์มโคนม

Abstract

This study aimed to assess the true economic costs and profits of dairy farms by analyzing financial data during November 2023 and April 2024. The results indicated no significant difference in total costs between the two periods ($p > 0.05$). The majority of costs were variable, with animal feed representing 60.24%–65.54% of these costs. No significant differences were observed in the costs of concentrated feed and roughage between November and April (p-values of 0.202 and 0.338, respectively). Profitability varied by period: in November, a median loss was -16,000.15 baht (range: -95,364.96 to 115,953.60 baht), while, In April, a median profit was 26,659.78 baht (range: -260,734.06 to 150,958.04 baht). The median profit ratio relative to total costs was -9.61% (-36.15% to 43.60%). No significant difference in profitability was observed between the two periods.
Keywords: Benefit, Business, Cost, Dairy farm

คำนำ

สถานการณ์การเลี้ยงโคนมของประเทศในปัจจุบันมีทิศทางที่ถดถอย นั่นคือตั้งแต่ปี 2564 จนถึง 2566 มีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมลดลงประมาณ 6% หรือเปลี่ยนแปลงจาก 24,145 รายเหลือ 22,507 ราย ซึ่งสอดคล้องประชากรโคที่ลดลงจาก 810,518 ตัวเหลือ 774,461 ตัว สถานการณ์นี้ได้ทวีความรุนแรงขึ้นในปี 2567 คือมีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมลดลงเมื่อเทียบกับปี 2566 อีก 29.94% นั่นคือในปัจจุบันมีเกษตรกรเลี้ยงโคนมในประเทศจำนวน 15,769 ราย และมีประชากรโคนม 568,111 ตัว ซึ่งเท่ากับมีประชากรโคนมลดลง 31.5% เมื่อเทียบกับปี 2564 (กรมปศุสัตว์ 2565,2566,2567) ส่งผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนมดิบสำหรับการบริโภคภายในประเทศ ตลอดจนความมั่นคงทางอาหารของประเทศ ทั้งนี้สาเหตุหลักมาจากการที่เกษตรกรไม่มีผลกำไรในการดำเนินธุรกิจ สืบเนื่องมาจากต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นที่เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ การที่เกษตรกรไม่สามารถควบคุมผลผลิตของตนเองให้มีปริมาณที่เหมาะสมในการดำเนินการทางธุรกิจซึ่งเปรียบเสมือนการเพิ่มต้นทุนทางอ้อม หรือการลดผลกำไร (นวรัตน์ และ ธนกร, 2554; วิภาวี , 2560; *ภรภัทร* และคณะ, 2561) เนื่องจากต้นทุนและกำไรของการเลี้ยงโคนมมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำนมดิบและขนาดฟาร์มอย่างสูง และถูกกำหนดโดยปัจจัยหลักคืออัตราการให้น้ำนม/ตัว/วัน ซึ่งการจะควบคุมปัจจัยนี้จำเป็นที่เกษตรกรต้องมีความรู้ ทางวิชาการที่ถูกต้องใช้ในการจัดการฟาร์ม แต่พบว่าเป็นสิ่งที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมยังขาดและต้องได้รับการสนับสนุน จะเห็นได้ว่าการที่เกษตรกรจะดำเนินธุรกิจการเลี้ยงโคนมได้สำเร็จจำเป็นต้องมีข้อมูลด้านต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนและมีความเข้าใจในข้อมูลดังกล่าวเพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์เป้าหมายในการดำเนินการจัดการฟาร์ม การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและนำเสนอต้นทุน และผลตอบแทนของการทำธุรกิจฟาร์มโคนมที่เลี้ยงในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และนครปฐมที่เป็นพื้นที่การให้บริการของโรงพยาบาลสัตว์ ม.เกษตรศาสตร์ หนองโพ คณะสัตวแพทยศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยมุ่งเปรียบเทียบระหว่าง 2 ช่วงเวลาที่คาดว่าจะมีผลผลิตน้ำนมดิบในฟาร์มต่ำสุดและสูงสุด โดยการศึกษานี้จะเป็นการวิเคราะห์การผลิตในระยะสั้น(Short-run cost analysis) และมีการออกแบบการเก็บข้อมูลตามแนวคิดของ เรืองฤทธิ์ (2556) และ*ภรภัทร* และคณะ (2561) ซึ่งความรู้ที่เกิดจากการศึกษานี้จะได้นำไปใช้โดยตรง หรือประยุกต์ใช้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในพื้นที่จังหวัดราชบุรีและนครปฐมที่มีข้อมูลเรื่องต้นทุนและผลตอบแทนของการทำธุรกิจฟาร์มโคนมที่จำกัด จึงเป็นข้อมูลที่มีความจำเพาะกับพื้นที่ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทางวิชาการได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบการเก็บข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์การผลิตในระยะสั้น หมายถึง การวิเคราะห์การผลิตในระยะเวลาที่ไม่นานพอที่จะเปลี่ยนแปลงปัจจัยการผลิตบางตัวได้เมื่อต้องการ ขยายการผลิตจึงมีคำอธิบายอิงข้อมูลต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของฟาร์มโคนมเพื่อนำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ต้นทุนการเลี้ยงโคนม

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนผันแปร + ต้นทุนคงที่

1) ต้นทุนผันแปร = ค่าอาหาร + ค่าแรงงาน + ค่าแร่ธาตุ + ค่าผสมเทียม+ ค่าป้องกันโรค ยาบำรุง และ ค่ารักษา + ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำ + ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง + ค่าซ่อมแซม + ค่าวัสดุสิ้นเปลือง + ค่าเตรียมแปลงหญ้า + ค่าเสียโอกาสเงินทุน

2) ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมแม่พันธุ์โคนม + ค่าเสื่อมอุปกรณ์และโรงเรือน + ค่าเสียโอกาสที่ดิน + ดอกเบี้ยเงินกู้

3) ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) หมายถึง การสูญเสียในมูลค่าของปัจจัยการผลิตประเภททุน (Capital goods) เช่น เครื่องจักรเครื่องมือต่าง ๆ อันเนื่องมาจากอายุการใช้งานของปัจจัยการผลิต (เรืองฤทธิ์, 2556) การคำนวณค่าเสื่อมราคาใช้วิธีแบบเส้นตรง (Straight line method) คือ สินทรัพย์ได้ถูกใช้งานอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงอายุการใช้งานของสินทรัพย์นั้น และสินทรัพย์มีการเสื่อมสภาพเท่า ๆ กันในช่วงระยะเวลาดังกล่า สามารถคำนวณได้ จากสูตร ดังนี้ Equation 1

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{\text{ราคาทุน} - \text{มูลค่าคงเหลือ}}{\text{อายุการใช้ประโยชน์}} \quad (1)$$

ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์และโรงเรือน ประกอบด้วย ยานพาหนะ เครื่องรีดนมพร้อมชุดอุปกรณ์ ถังรวบรวมน้ำนมดิบ เครื่องปั๊มน้ำพร้อมชุดอุปกรณ์ เครื่องตัดหญ้า ถังใส่น้ำดื่มสำหรับโคนม และโรงเรือนพร้อมซองรีดนม

4) ค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) หมายถึง คุณค่าหรือมูลค่า (Value) ของทางเลือก (Choice) ที่ดีที่สุดในบรรดาทางเลือกทั้งหลายที่ต้องสละไป เมื่อมีการตัดสินใจเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่ง (วันรักษ์, 2556) ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน (Opportunity cost of capital) เปรียบเทียบกับการนำเงินไปฝากธนาคาร โดยอ้างอิงอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประเภท 12 เดือน

การวิเคราะห์ผลตอบแทนการเลี้ยงโคนม

1) รายได้รวม = ราคาต่อหน่วย × ปริมาณขาย

2) ผลตอบแทนจากการขายผลผลิตจากโคนม= ราคาน้ำนมดิบ(บาท/กิโลกรัม) × จำนวนน้ำนมดิบ (กิโลกรัม) + ค่าขายมูลโค+ ค่าขายลูกโคตัวผู้+ค่าขายแม่โคคัดทิ้งและโคอื่นๆ

3) กำไรสุทธิ = รายได้ทั้งหมด – ต้นทุนทั้งหมด

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

ฟาร์มโคนมที่มีฝูงแม่โคระหว่าง 20–50 ตัวที่มีที่ตั้งของฟาร์มอยู่ในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และนครปฐมจำนวน 20 ฟาร์ม เป็นฟาร์มในเครือข่ายให้บริการสุขภาพระดับฝูงของ โรงพยาบาลสัตว์ ม.เกษตรศาสตร์ หนองโพ เป็นฟาร์มที่ยินยอมให้ใช้ข้อมูลและมีข้อมูลสมบูรณ์ ดำเนินการเก็บข้อมูลต้นทุน และผลตอบแทนเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 และเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ตามประมาณการผลผลิตที่ต่ำสุดและสูงสุดในวงรอบปีตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลต้นทุน ผลตอบแทน ปริมาณน้ำนม และประชากรโค นำเสนอในรูปแบบสถิติเชิงพรรณา คือ ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐานค่าสูงสุด ต่ำสุด เปรียบเทียบต้นทุน และผลตอบแทนระหว่าง 2 ช่วงเวลาเนื่องจากการแจกแจงไม่เป็นการกระจายตัวที่ปกติใช้ค่าสถิติ Wilcoxan signed- rank test ในการวิเคราะห์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาใน Fig.1 แสดงจำนวนประชากรโครีดนม และโคพักการรีดนมเปรียบเทียบกันระหว่างเดือน พย. 2566 และเดือนเม.ย.2567 พบว่าค่ามัธยฐานของจำนวนโครีดนมและจำนวนโครีดสูงสุด-ต่ำสุดคือ 21.5 (80-13) ตัวและ 22.0 (82-13) ตัวตามลำดับ มีค่ามัธยฐานของจำนวนโคไม่ได้รีดนมและจำนวนโคไม่ได้รีดรีดสูงสุด-ต่ำสุดคือ 4 (13-0) ตัว และ 4 (15-0) ตัวตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างของกลุ่มประชากรระหว่าง 2 ช่วงเวลา

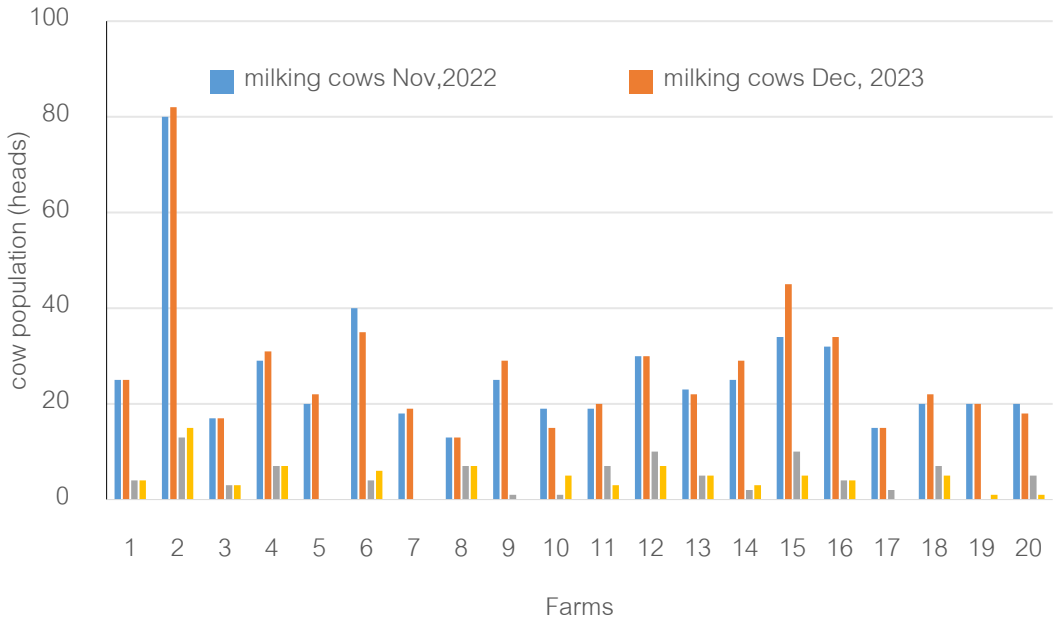


Fig. 1 Cows population categorized by production type bebtween 2 periods (September,2023 vs April, 2024) which no statistical difference was observed

การศึกษานี้ได้ออกแบบให้ศึกษาใน 2 ช่วงเวลาที่แตกต่างกันในแง่ของผลผลิตน้ำนม จาก Fig. 2 และ Table 1 พบว่าผลผลิตน้ำนมดิบในเดือนเมษายน พ.ศ.2567 มีแนวโน้มสูงกว่าผลผลิตในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2566 (ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ อ.ฝางและอ.ไชยปราการ จ.เชียงใหม่ นั่นคือผลผลิตน้ำนมดิบช่วงต้นปีมีแนวโน้มสูงกว่าช่วงปลายปีและมีแนวโน้มของผลตอบแทนที่สูงกว่า (คณกร และ ชาลินี, 2563)

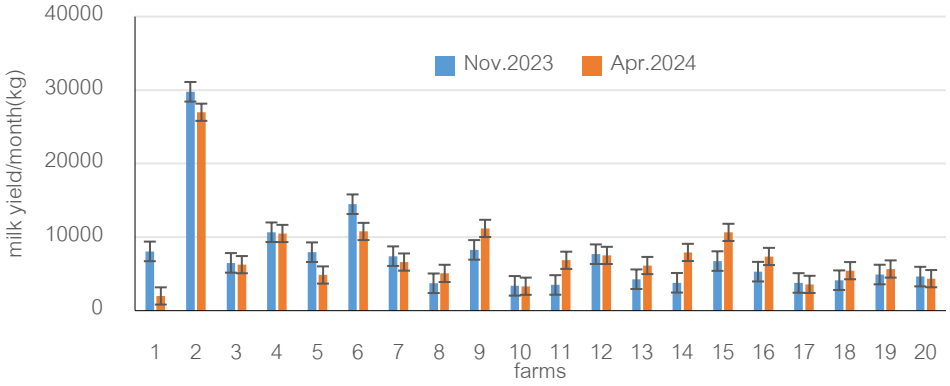


Fig. 2 Comparison of milk production per day of 20 farms between 2 period (September, 2023 vs April, 2024) which no statistical difference was observed (*p*-value=0.68)

จากผลการศึกษาดังแสดงใน Table 1 พบว่าต้นทุนคงที่มีสัดส่วน 5.41% ในเดือนพ.ย.2566 และ 6.06% ในเดือน เม.ย. 2567 ในขณะที่ต้นทุนผันแปรคิดเป็นสัดส่วน 94.91% ในเดือน พ.ย.2566 และ 94.70% ในเดือน เม.ย.2567 วึ่งต้นทุนทั้ง 2 ประเภทไม่มีความแตกต่างกันระหว่างช่วงเวลา ในส่วนของต้นทุนผันแปรนั้นพบว่าต้นทุนค่า อาหารข้นอาหารหยาบและอาหารผสมสำเร็จมีสัดส่วนสูงสุดคือ 63.47% ในเดือนพ.ย.2566และ 73.54% ในเดือน เม.ย.2567 รองลงมาคือค่าจ้างคือ 16.98% ในเดือน พ.ย.2566 และ 18.50% ในเดือน เม.ย.2567 โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญกันในระหว่าง 2 ช่วงเวลา ทั้งนี้สัดส่วนของต้นทุนผันแปรมีแน้วโน้มสูงกว่าแต่เป็นไปในทิศทางเดียวกันเมื่อเทียบกับผลการศึกษาของพัชรี (2558) วิภาวี (2560) ภรภัทรและคณะ(2561) คือสูงกว่า 80%และไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของคณกรและชาลินี (2563) ที่แสดงให้เห็นว่าต้นทุนผันแปรของการทำธุรกิจการเลี้ยงโคนมในจังหวัดเชียงใหม่ต่ำกว่า 80% ซึ่งเป็นผลมาจาการที่เกษตรกรสามารถจัดหาอาหารหยาบที่มีราคาต่ำกว่า ซึ่งมีสัดส่วนของต้นทุนคิดเป็นเพียงร้อยละ10 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารพบว่าผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาโดย พัชรี (2558) วิภาวี (2560) ภรภัทร และคณะ (2561) คือ สูงกว่า 50% อย่างไรก็ตามต้นทุนอาหารจากการศึกษานี้มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าเมื่อเทียบกับผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น อีกส่วนหนึ่งของต้นทุนผันแปรที่มีลำดับรองจากอาหารสัตว์คือค่าจ้างที่มีสัดส่วนประมาณ 20% ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้(พัชรี, 2558; วิภาวี, 2560; ภรภัทร และคณะ, 2561)

เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนจะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลผลิตน้ำนมดิบที่ผลิตได้ของฟาร์มมีผลต่อผลตอบแทนและส่งผลต่อการได้กำไร หรือการขาดทุนของฟาร์ม เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างทั้ง 2 ช่วงเวลาทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากผลกำไรโดยรวมของฟาร์มและผลกำไรต่อการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัมซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของของคณกรและชาลินี (2563) แต่เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนของกำไรโดยรวมของฟาร์มในแต่ละช่วงเวลากับสัดส่วนกำไรต่อการน้ำนมดิบที่ขายได้ทุก 1 กิโลกรัมจะเห็นว่าไม่สอดคล้องกันนั่นคือกำไรโดยรวมของฟาร์มจะมีสัดส่วนที่มากกว่ากำไรจากการขายน้ำนม เป็นผลมาจากจากการที่บางฟาร์มมีรายได้เพิ่มจากการขายโคคัดทิ้ง อย่างไรก็ตามก็ยังส่งผลให้มีฟาร์มที่ผลประกอบการมีกำไรเพิ่มจาก 7 ฟาร์มในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 เป็น 15 ฟาร์มในเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ดังแสดงให้เห็นใน Fig. 2 และ Fig. 3

Table 1 Description of cost and benefit ananlysis of dairy farming business during 2 study periods

items	November, 2023		%	April, 2024		%	*p*-value
1.total costs	median	Max-min		median	Max-min		
1.1 Total fixed costs							
Land rent	833.00	2000.00-416.00	0.50	1041	45000-83.3	0.71	
Depreciation of farm building	2083.33	20958.33-0.00	1.25	1468.66	20958.33-0.00	1.00	
Depreciation of milking machine	342.50	10616.67-0.00	0.21	397.505	10616.67-0.00	0.27	
Depreciation of vehicle and farm instrument	795.00	25559.74-104.17	0.48	828.33	25559.74-104.17	0.57	
Depreciation for milking herd	3312.50	11875.00-2125.00	1.99	3187.5	11625-1875	2.18	
Total fixed costs	9003.99	69009.74-3354.17	5.41	8864.16	68759.74 - 3354.17	6.06	0.647
1.2 Total variable costs							
wage	28263.33	67180.00-19590.00	16.98	27063.33	71886-19590	18.50	
Concentrate feed	45540.00	93913.50-33600.00	27.37	59170	241780.5-23000	40.46	
Roughage	34050.00	70966.75-2683.00	20.46	23505	159600-2849.7	16.07	
TMR	26033.00	312405.73-0.00	15.64	24852.00	280230-0.00	16.99	
Milk cost for rearing calf	3107.5	35175-0.00	1.87	7639.20	59427.00-0.00	5.22	
Hormone and medication	2000	6720-0.00	1.20	2620.00	8525.00-450.00	1.79	
Mineral	135	4500-0	0.08	140.00	3600.00-0.00	0.10	
AI and semen	1200	17000-0	0.72	1100.00	3440.00-0.00	0.75	
Fuel	2800	10000-0	1.68	3450.00	15500.00-261.00	2.36	
Electric/water	3050	9000-600	1.83	3000.00	4550.00-1065.00	2.05	
Fixing	0.00	17000-0.00	0.00	0.00	1000.00-0.00	0.00	
Interest charge	5896.5	25523-0.00	3.54	4261.00	31869.00-0.00	2.91	
Miscellaneous expenses	3098.445	8600-0.00	1.86	1800.00	26800.00-0.00	1.23	
Opportunity cost	759.44	4857.52-307.46	0.46	898.64	3991.89-478.19	0.61	
Total variable costs	157946.00	596332.35-85186.07	94.91	138497.5	830781.8-53363.59	94.70	0.82
Total costs	166413.95	665342.09-89394.41	100	146255.68	899541.54-56938.59	100.00	0.76

Table 1 Description of cost and benefit ananlysis of dairy farming business during 2 study periods (Continued)

items	November, 2023		%	April, 2024		%	*p*-value
	Median	Max-min		Median	Max-min		
2. Total incomes							
raw milk	131422.75	634047.75-80214		154620	633265-54000		
Cow manure	0.00	9300-0.00		3500	15000-0.00		
Male calf selling	0.00	2700-0.00		0.00	15000-0.00		
Culled cattle	2500	100000-0.00		5000	110000-.000		
Machine employment	0.00	1000-0.00		0.00	0.00-0.00		
Placenta selling	1000	4480-0.00		695	2800-0.00		
Total income /month	171341.5	670797.75-81454		173337	643665-59705		0.19
Milk yield/month (kg)	5901.35	29767.5-3375		6433.55	26985-2000		0.68
profit/period(baht)	-16000.145	115953.595--95364.96		26659.77	150958.04--260734.06		0.33
Profit/1kg.of milk (baht)	-2.81	25.03--25.14		4.00	20.56--35.19		0.2

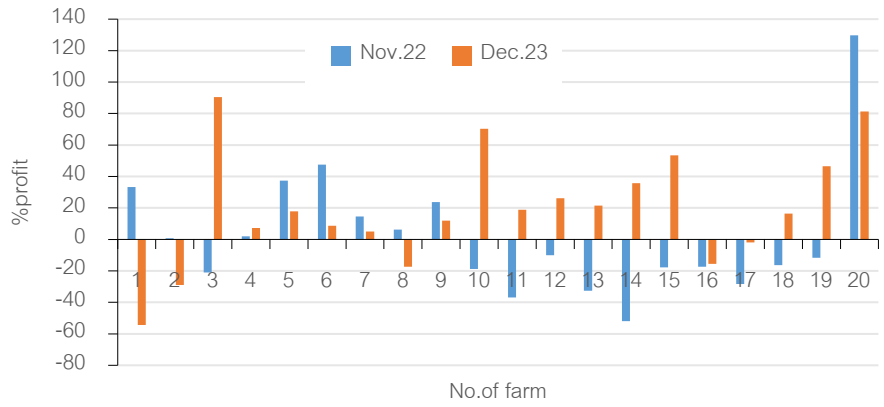


Fig. 2 Proportion of profit return of each farm between 2 periods (November, 2023 vs April, 2024) which no statistical difference was observed

เมื่อพิจารณาจากฟาร์มที่ผลตอบแทนขาดทุนอย่างต่อเนื่องและฟาร์มที่ตอบแทนขาดทุนในช่วงเดือน เม.ย. 2567 นอกจากเป็นผลมาจากปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตได้ที่ปริมาณต่ำ ไม่ครอบคลุมต้นทุนการผลิตของฟาร์มแล้ว ยังเป็นผลมาจากการที่ฟาร์มมีการลงทุนเพิ่มในส่วนของต้นทุนคงที่ การจ่ายหนี้ในวงเงินค่อนข้างสูง และการสั่งซื้อวัตถุดิบสำหรับการผลิตอาหาร หรืออาหารหยาบในปริมาณมากกว่าปกติ

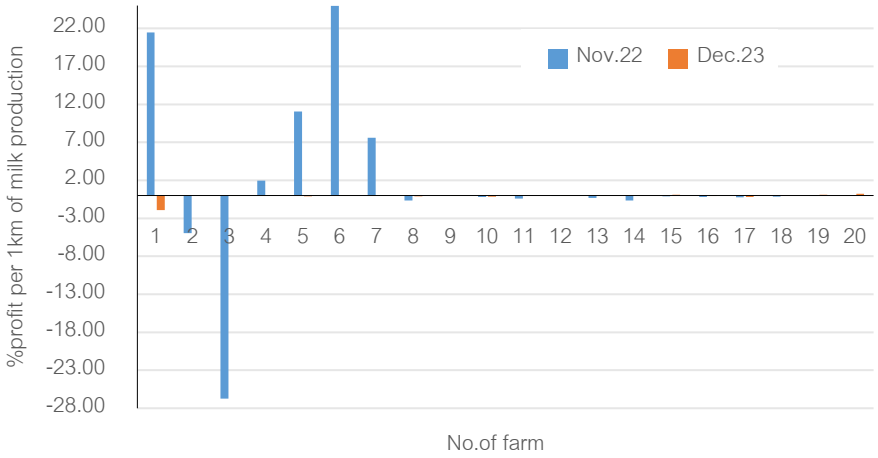


Fig. 3 Proportion of profit return per 1 kg of saled milk of each farm between 2 periods (November, 2023 vs April, 2024) which no statistical difference was observed

สรุป

ต้นทุนผันแปร และต้นทุนอาหารโคทั้งหมดมีแนวโน้มว่าจะมีสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับการศึกษาก่อนหน้านี้ โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับผลการศึกษาจากเชียงใหม่ และนครราชสีมา บ่งชี้ว่าการดำเนินธุรกิจฟาร์มโคนมพื้นที่จังหวัดราชบุรีและนครปฐมมีแนวโน้มว่าต้นทุนส่วนนี้สูงกว่าแหล่งการเลี้ยงอื่นของประเทศ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีต้นทุนอาหารหยาบที่สูงกว่าเนื่องจากการทำฟาร์มในพื้นที่นี้มีข้อจำกัดในการผลิตอาหารหยาบเพราะฟาร์มส่วนใหญ่มีพื้นที่จำกัดในการปลูกพืชอาหารสัตว์ ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ของฟาร์มถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อผลตอบแทน และผลกำไรของฟาร์ม และเป็นเป้าหมายการผลิตที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในพื้นที่การศึกษานี้ต้องตระหนักแล้วนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับธุรกิจของตน ได้แก่การวางแผนการเพิ่มผลผลิตน้ำนมดิบให้อยู่ในจุดที่เหมาะสมและสร้างผลกำไรให้กับฟาร์ม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อเกษตรกรทั้ง 20 รายที่ให้ความร่วมมือในการเปิดเผยและอนุญาตให้ใช้ข้อมูลในการศึกษานี้ และขอขอบคุณกองทุนพัฒนานิสิตคณะสัตวแพทยศาสตร์สำหรับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2565. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ภายในประเทศ พ.ศ.2565. https://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-ict/report/355-report-thailand-livestock/animal-book/1714-2565

กรมปศุสัตว์. 2566. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ภายในประเทศ พ.ศ.2566. https://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-ict/report/355-report-thailand-livestock/animal-book/1802-2566

กรมปศุสัตว์. 2567. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ภายในประเทศ พ.ศ.2567. https://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/report/regislives/eRegist_2024.pdf

คณกร พินิจศร, ชาลินี ศรีบุญเรือง. 2563. วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตน้ำนมดิบของฟาร์มโคนมในพื้นที่อำเภอฝางและอำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่.

Chromeextension://kdpelmjpfafjppnhbloffcjpeomlnpah/https://region5.dld.go.th/webnew/images/stories/2563/paper/6320105075.pdf, 2 กุมภาพันธ์ 2568

นวรัตน์ สุรัติวรพัทธ์, ธนกร ราชพิลา. 2554. การศึกษาต้นทุนการผลิตน้ำนมดิบของฟาร์ม โคนมสมาชิกสหกรณ์โคนมภูพานสกลนคร จำกัด. วารสารบัณฑิตศึกษา 15: 14–22.

พัชรี สุริยะ. 2558. การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ของการผลิตน้ำนมดิบตามมาตรฐานฟาร์มโคนม ในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. แก่นเกษตร 43: 101–110.

ภรภัทร ไชยสมบัติ, เรืองฤทธิ์ หาญมนตรี, นราวุธ ระพันค้า, ชนกนันท์ ศรีลาพัฒน์. 2561. ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำนมของฟาร์มโคนมในจังหวัดสกลนคร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ris.snru.ac.th/file/abstract/1314.pdf, 2 กุมภาพันธ์ 2568

เรืองฤทธิ์ หาญมนตรี. 2556. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาหลักธุรกิจการเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

วันรักษ์ มิ่งมณีนาคิน. 2556. หลักเศรษฐศาสตร์จุลภาค. (พิมพ์ครั้งที่ 20). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วิภาวี จันทร. 2560. การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตน้ำนมดิบจำแนกตามขนาดฟาร์ม ในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. การศึกษาอิสระปริญญาธุรกิจการเกษตรมหาวิทยาลัยขอนแก่น

การศึกษาคุณภาพการบริการในโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
The study on service quality in Kasetsart University Veterinary Teaching Hospital, Bangkhen

จรูญจิต อัครธนเลิศ[a], **มรุเชษฐ์ มหาสุวีระชัย**[a], **จิรัชญา ทองแสง**[a], **จิดาภา หฤทย์ภาวศุทธิ**[a], **สุวรรณา เขียวภักดี**[b], **ชื่นสุมน ลิ้มมานนท์**[c,d,*]

Jaroonjit Aukarathanalert[a], Maruchaet Mahasuweerachai[a], Jiratchaya Thongsang[a], Jidapa Haritpawasut[a], Suwanna Khiewphakdi[b], Chunsumon Limmanont[c,d,*]

[a]คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[b]หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมบริการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพ 10250

[c]ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900

[d]โรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900

[a]Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[b]Doctor of Philosophy in Hospitality Industry and Tourism Management, Kasem Bundit University, Bangkok 10250, Thailand

[c]Department of Companion Animals Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[d]Kasetsart University Veterinary Teaching Hospital, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: chunsumon.l@ku.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพการบริการในโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน โดยใช้การวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างคือ ลูกค้าที่เคยใช้บริการซ้ำระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม พ.ศ. 2567 จำนวน 220 คน ซึ่งสุ่มตัวอย่างตามความสะดวก เครื่องมือวิจัยคือแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (72.7%) เพศชาย (27.3%) อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม 40–49 ปี (28.2%) ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบปริญญาตรี (63.2%) ต่ำกว่าปริญญาตรี (19.1%) และสูงกว่าปริญญาตรี (17.2%) อาชีพส่วนใหญ่เป็นพนักงานเอกชน (41.4%) อาชีพธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย (28.2%) ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ (11.8%) นอกนั้น (18.6%) รายได้เฉลี่ยต่อเดือนกลุ่มใหญ่ 20,001–40,000 บาท (42.7%) กลุ่มรายได้มากกว่า 40,000 บาท (40.5%) และกลุ่มรายได้ต่ำกว่า 20,000 บาท (16.8%) ระดับการรับรู้คุณค่าของคุณภาพการบริการโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (4.55±0.11) เมื่อพิจารณารายด้านเรียงลำดับได้ดังนี้ การให้ความมั่นใจ (Assurance; 4.63±0.57) ความน่าเชื่อถือ (Reliability; 4.62±0.60) การเอาใจใส่ (Empathy; 4.61±0.62) การตอบสนองลูกค้า (Responsiveness; 4.52±0.67) และความเป็นรูปธรรมของการบริการ (Tangibles; 4.39±0.76) ซึ่งควรมีการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริการกับความพึงพอใจ เช่น การกลับมาใช้บริการซ้ำ และควรปรับวิธีสุ่มตัวอย่าง รวมถึงเพิ่มการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อขยายผลในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: คุณภาพการบริการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, โรงพยาบาลสัตว์

Abstract

The study aimed to evaluate the service quality in Kasetsart University Veterinary Teaching Hospital, Bangkhen. The quantitative method was used in this study. The samples were 220 repeat customers who received the service from Kasetsart University Veterinary Teaching Hospital, Bangkhen during September-December 2024 with convenience sampling. The data was analyzed by using descriptive statistics. The study found that the majority of respondents were female (72.7%), aged 40–49 years (28.2%), held a bachelor's degree (63.2%), below bachelor's degree (19.1%) and above bachelor's degree (17.2%). The majority of occupations are private employees (41.4%), followed by self-employed/business owners (28.2%), government officials/state enterprise employees (11.8%), and others (18.6%). The average monthly income was 20,001–40,000 Baht (42.7%), > 40,000 Baht (40.5%) and < 20,000 Baht (16.8%). The study revealed that overall service quality was in highest level (4.55±0.11). The results were ranked from the most to the least effective as follows: Assurance (4.63±0.57), Reliability (4.62±0.60), Empathy (4.61±0.62), Responsiveness (4.52±0.67), and Tangibles (4.39±0.76), respectively. Future studies should incorporate deeper connections between service quality and customer satisfaction, such as repeat service behavior. Adjusting the sampling method and adding in-depth interviews are recommended to broaden the scope of future research.

Keywords: Animal Hospital, Kasetsart University, Service quality

คำนำ

ตามกรอบแนวคิดของคุณภาพการบริการ (Service Quality: SERVQUAL) จำแนกออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ความเป็นรูปธรรมของการบริการ (Tangibles) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) การตอบสนองลูกค้า (Responsiveness) การให้ความมั่นใจ (Assurance) และการเอาใจใส่ (Empathy) (Parasuraman et al., 1988) องค์ประกอบทั้ง 5 ด้าน มีความหมาย ดังนี้ 1. ความเป็นรูปธรรม (Tangibles) หมายถึง การบริการที่นำเสนอในลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏให้เห็นถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และสามารถสัมผัสได้ ได้แก่ เครื่องมืออุปกรณ์ บุคลากร และการใช้สัญลักษณ์หรือเอกสารที่ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสาร 2. ความน่าถือ (Reliability) หมายถึงความสามารถในการให้บริการนั้นตรงกับสัญญาที่ให้ไว้กับผู้รับบริการ บริการที่ให้ทุกครั้งมีความถูกต้องเหมาะสมและมีความสม่ำเสมอในทุกครั้ง ทำให้ผู้รับบริการรู้สึกว่าการบริการที่ได้รับมีความน่าเชื่อถือสามารถให้ความไว้วางใจได้ 3.การตอบสนอง (Responsiveness) หมายถึงผู้ให้บริการมีความพร้อมและเต็มใจที่จะให้บริการ โดยสามารถตอบสนองความต้องการของผู้รับบริการได้อย่างทันท่วงที ผู้รับบริการสามารถเข้าถึงบริการได้ง่ายและได้รับความสะดวกจากการมาใช้บริการ 4. การให้ความมั่นใจ (Assurance) หมายถึงผู้ให้บริการมีทักษะความรู้ความสามารถในการให้บริการและตอบสนองความต้องการของผู้รับบริการด้วยความสุภาพรวมทั้งการเอาใจใส่มีกิริยา ท่าทาง และมารยาทที่ดีในการให้บริการ รวมทั้งสามารถทำให้ผู้รับบริการเกิดความไว้วางใจและความมั่นใจในการรับบริการได้ 5.การเอาใจใส่ (Empathy) หมายถึงความสามารถในการดูแล มีความเอื้ออาทรเอาใจใส่ผู้รับบริการตามความต้องการที่แตกต่างกันของผู้รับบริการ (Fig. 1)

โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ให้บริการทางด้านการรักษาสัตว์และให้ความรู้คำแนะนำเกี่ยวกับสัตว์เลี้ยงแก่ประชาชนทั่วไป มีวิสัยทัศน์ที่เน้นให้บริการอย่างมีคุณภาพ สนับสนุนการพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้ อีกทั้งยังมุ่งเน้นบำเพ็ญประโยชน์แก่สังคม และชี้นำการวินิจฉัยรักษาสัตว์ด้วยมาตรฐานสากล ความเป็นมืออาชีพและจริยธรรม ในทิศทางเดียวกับวิสัยทัศน์ของคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ “เป็นสถาบันสัตวแพทยศาสตร์สากล เพื่อสุขภาพที่ดีของสัตว์ คน และสิ่งแวดล้อม” ซึ่งจะต้องอาศัยทั้งวิชาการทางสัตวแพทยศาสตร์และการบริการประกอบกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลเป็นแนวทางพัฒนาคุณภาพการบริการของโรงพยาบาลต่อไป

การศึกษานี้เป็นเพียงการวิเคราะห์ขั้นต้น (Preliminary Study) จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวนประมาณครึ่งหนึ่งของกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้ในงานวิจัยฉบับเต็ม

วิธีการวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยกำหนดให้ประชากร คือ ลูกค้าที่เคยมาใช้บริการที่โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และกลุ่มประชากรของงานวิจัยนี้ มีจำนวน 24,400 ตัวอย่าง ซึ่งมาใช้บริการช่วงเดือนกันยายน ถึง ธันวาคม 2567 เป็นตัวเลขโดยประมาณ อ้างอิงจากการมีจำนวนลูกค้าเฉลี่ย 200 คนต่อวัน โดยผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างตามความสะดวก (Convenience sampling) นั้นคือเลือกใครก็ได้ที่สามารถให้ข้อมูลได้แต่ต้องอยู่ในกลุ่มประชากร ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย Index of Item Objective Congruence (IOC) ในการสร้างแบบสอบถาม และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.05 สัดส่วนประชากรที่ต้องการ 0.10 และค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.95 (บุญชม, 2538) ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้เท่ากับ 138 ตัวอย่าง โดยมีการทดสอบความเชื่อมั่นของข้อมูล (Reliability) ด้วยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach’s Alpha) จากการเก็บตัวอย่างในเบื้องต้น (Pilot test) จำนวน 30 ตัวอย่าง และนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาได้เท่ากับ 0.97 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือมากกว่า 0.7 เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความเชื่อมั่นของข้อมูล เพื่อการนำแบบสอบถามไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

กรอบแนวคิดในการวิจัย (Fig. 1)

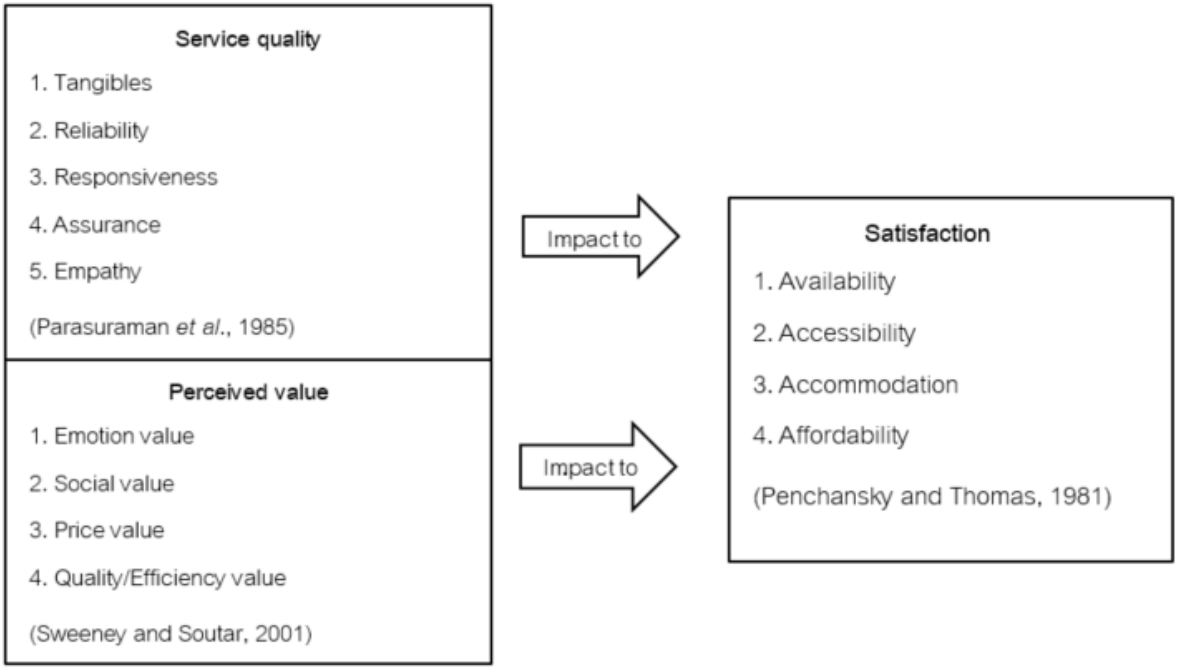


Fig. 1 Conceptual framework

โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) ภาษาไทย เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลการวิจัยตามใบขออนุญาตจริยธรรมในมนุษย์ (Certificate of Exemption): COE67/103 โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ใบขออนุญาตยินยอมการใช้ข้อมูลเพื่อการวิจัย

ส่วนที่ 2 คำถามเบื้องต้น เพื่อคัดกรองผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยคำถาม 5 ข้อ โดยสอบถาม เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ โดยเป็นแบบปลายปิดให้เลือกตอบในช่องที่กำหนด

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านคุณภาพการบริการ ด้านการรับรู้คุณค่า และด้านความพึงพอใจในการใช้บริการ สำหรับเกณฑ์กำหนดระดับความคิดเห็นของประชาชนจะใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ท (Likert's Scale แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ (Likert, 1967) ดังนี้ ระดับการรับรู้คุณค่า 1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก และ 5 = มากที่สุด โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนจากสูตรคำนวณระดับการให้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละระดับชั้น ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 4.21—5.00 หมายถึงระดับความคิดเห็นมากที่สุด (Highest) คะแนนเฉลี่ย 3.41—4.20 หมายถึงระดับความคิดเห็นมาก (High) คะแนนเฉลี่ย 2.61—3.40 หมายถึงระดับความคิดเห็นปานกลาง (Medium) คะแนนเฉลี่ย 1.81—2.60 หมายถึงระดับความคิดเห็นน้อย (Low) และคะแนนเฉลี่ย 1.00—1.80 หมายถึงระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด (Lowest)

ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นเพิ่มเติมของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการทำแบบสอบถามในกลุ่มตัวอย่างลูกค้าที่ใช้บริการซ้ำ โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ในช่วงระหว่างเดือนกันยายน-ธันวาคม พ.ศ.2567 โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยการหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนคำตอบ เพื่อประเมินคุณภาพการบริการ (Service Quality: SERVQUAL) ตามลักษณะประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ในที่นี้ได้นำคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 220 คนมาวิเคราะห์

1.ผลส่วนของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศหญิง 160 คน (72.7%) และเป็นเพศชาย 60 คน (27.3%) มีช่วงอายุส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 40-49 ปี (28.2%) ช่วงอายุ 30–39 ปี (27.7%) ช่วงอายุ 50–59 ปี (19.5%) ช่วงอายุ 20–29 ปี (14.1%) ช่วงอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป (10.0%) และช่วงอายุ18–20 ปี (0.5%) ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาปริญญาตรี (63.2%) ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี (19.1%) ระดับการศึกษาปริญญาโท (14.5%) และระดับการศึกษาปริญญาเอก (2.7%) อาชีพส่วนใหญ่เป็นพนักงานเอกชน (41.4%) อาชีพธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย (28.2%) ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ (11.8%) นอกนั้น (18.6%) รายได้เฉลี่ยต่อเดือนกลุ่มใหญ่ 20,001–40,000 บาท (42.7%) กลุ่มรายได้มากกว่า 40,000 บาท (40.5%) และกลุ่มรายได้ต่ำกว่า 20,000 บาท (16.8%)

2. ผลการวิเคราะห์การศึกษาคุณภาพการบริการในโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

การศึกษาคุณภาพการบริการในโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ด้านภาพรวม (Table 1) เมื่อพิจารณารายด้านเรียงลำดับได้ดังนี้ การให้ความมั่นใจ (Assurance; 4.63±0.57) ความน่าเชื่อถือ (Reliability; 4.62±0.60) การเอาใจใส่ (Empathy; 4.61±0.62) การตอบสนองลูกค้า (Responsiveness; 4.52±0.67) และสุดท้ายความเป็นรูปธรรมของการบริการ (Tangibles; 4.39±0.76)

การศึกษาคุณภาพการบริการ (Table 2) ด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการ โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (4.39±0.76) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านบุคลากร และเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลมีการแต่งกายสะอาด เรียบร้อย และเหมาะสม (4.60±0.60) รองลงมาคือ โรงพยาบาลมีเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทันสมัย ครบครัน (4.56±0.63) โรงพยาบาลมีป้ายระบุสถานที่ที่ชัดเจนทั้งภายใน และภายนอก (4.43±0.77) โรงพยาบาลมีพื้นที่กว้างขวางเพียงพอ อากาศถ่ายเทสะดวก (4.31±0.85) ส่วนโรงพยาบาลมีที่พักระหว่างรอรับบริการ (4.04±0.93) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

ด้านความน่าเชื่อถือ โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (4.62±0.60) โดยทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดและเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ โรงพยาบาลมีสัตวแพทย์มีความเชี่ยวชาญในการวินิจฉัยและรักษาโรคเฉพาะทางที่สำคัญ (4.72±0.53) ผลวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการและรังสีวิทยาของโรงพยาบาลมีความถูกต้องแม่นยำ (4.69±0.53) โรงพยาบาลมีสัตวแพทย์เชี่ยวชาญครบถ้วน ทุกสาขา (4.66±0.54) โรงพยาบาลมีการให้บริการดูแลรักษาโรคที่ทันการ (4.56±0.65) และโรงพยาบาลเปิดรับพิจารณาข้อร้องเรียนและเหตุผลต่าง ๆ (4.46±0.75)

ด้านการตอบสนองลูกค้า โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (4.52±0.67) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดและเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ บุคลากรและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลตอบข้อสงสัยของผู้รับบริการได้อย่างชัดเจน (4.66±0.55) โรงพยาบาลมีวิธีการรักษาหรือทางเลือกเหมาะสมกับความพร้อมของผู้รับบริการ (4.64±0.59) บุคลากรและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลมีความเอาใจใส่ในการให้บริการ (4.61±0.61) และบุคลากรและเจ้าหน้าที่ของ

โรงพยาบาลมีความกระตือรือร้นในการให้บริการ (4.55±0.61) ส่วนค่าเฉลี่ยที่อยู่ในระดับมากได้แก่ ระยะเวลาในการให้บริการแต่ละขั้นตอนในการดูแลรักษาเป็นไปอย่างเหมาะสม (4.13±0.99)

ด้านการให้ความมั่นใจ โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (4.63±0.57) โดยทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดและเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ โรงพยาบาลให้ความชัดเจนเกี่ยวกับหลักการและเหตุผลของขั้นตอนในการดูแลรักษา เป็นที่มั่นใจให้กับผู้รับบริการ (4.68±0.52) บุคลากรและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลมีทักษะการสื่อสารที่ดีในการให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้บริการ (4.57±0.62) ผู้ใช้บริการรู้สึกมั่นใจว่าโรงพยาบาลมีขั้นตอนและวิธีการในการดูแลรักษาสอดคล้องกับเทคโนโลยีล่าสุด (4.67±0.54) บุคลากรและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลมีทักษะในการให้บริการที่ดี (4.62±0.58) และบุคลากรและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลมีความคล่องแคล่วในการปฏิบัติงาน (4.61±0.59)

ด้านการเอาใจใส่ โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (4.61±0.62) ซึ่งทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดและเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ โรงพยาบาลสามารถให้บริการแก่ผู้ใช้บริการทุกคนอย่างเท่าเทียม ไม่แบ่งแยกหรือเลือกปฏิบัติ (4.72±0.53) ส่วนด้านโรงพยาบาลสามารถให้บริการตรงต่อความต้องการของผู้ใช้บริการแต่ละบุคคล (4.60±0.62) และบุคลากรและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลมีการจัดลำดับความสำคัญตามความจำเป็นของผู้รับบริการ ซึ่งถือเสมือนว่าเป็นปัญหาของตนเอง (4.60±0.62) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ บุคลากรและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลให้บริการด้วยอัธยาศัยที่ดี มีความเป็นมิตร รับฟังอย่างตั้งใจ (4.59±0.61) สุดท้ายคือ บุคลากรและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลยินดีที่จะรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะด้วยความเต็มใจ (4.55±0.70)

Table 1 Mean±Standard Deviation (S.D.) and levels of service quality in five dimensions: SERVQUAL (Tangibility, Reliability, Responsiveness, Assurance and Empathy)

Service quality in five dimensions	Mean±S.D.	Level
Tangibles	4.39±0.76	Highest
Reliability	4.62±0.60	Highest
Responsiveness	4.52±0.67	Highest
Assurance	4.63±0.57	Highest
Empathy	4.61±0.62	Highest
Average in Service quality in five dimensions	4.55±0.11	Highest

Table 2 Mean±Standard Deviation (S.D.) and Levels of perceived level of service quality based on five dimensions: Tangibility, Reliability, Responsiveness, Assurance, and Empathy

Service quality in five dimensions	Mean±S.D.	Level
Tangibles		
1. The hospital has a spacious area with good ventilation	4.31±0.85	Highest
2. The hospital provides clearly marked signs for locations both inside and outside.	4.43±0.77	Highest

Table 2 Mean±Standard Deviation (S.D.) and Levels of perceived level of service quality based on five dimensions: Tangibility, Reliability, Responsiveness, Assurance, and Empathy (Continued)

Service quality in five dimensions	Mean±S.D.	Level
3. The hospital is equipped with modern and comprehensive tools and equipment.	4.56±0.63	Highest
4. Hospital staff and personnel dress in a clean and appropriate manner.	4.60±0.60	Highest
5. There are waiting areas available for clients during service.	4.04±0.93	High
Average in Tangibles	4.39±0.76	Highest
Reliability		
1. The hospital has specialists in all veterinary fields.	4.66±0.54	Highest
2. The hospital employs veterinarians with expertise in diagnosing and treating critical specialized conditions.	4.72±0.53	Highest
3. Laboratory and radiology analysis results are accurate and precise.	4.69±0.53	Highest
4. The hospital provides timely medical care and treatment services.	4.56±0.65	Highest
5. The hospital accepts and reviews complaints and feedback.	4.46±0.75	Highest
Average in Reliability	4.62±0.60	Highest
Responsiveness		
1. The hospital staff demonstrate enthusiasm in providing services.	4.55±0.61	Highest
2. The hospital staff show attentiveness and care in their service delivery.	4.61±0.61	Highest
3. The hospital offers treatment options that are suitable for the clients' readiness and preferences.	4.64±0.59	Highest
4. The hospital staff clearly address clients' inquiries.	4.66±0.55	Highest
5. The duration of each step in the treatment process is appropriately managed.	4.13±0.99	High
Average In Responsiveness	4.52±0.67	Highest
Assurance		
1. The hospital staff has good service skills.	4.62±0.58	Highest
2. The hospital staff is efficient in performing their tasks.	4.61±0.59	Highest
3. The hospital staff has good communication skills in providing information to service users.	4.57±0.62	Highest
4. Service users feel confident that the hospital's procedures and methods of treatment align with the latest technology.	4.67±0.54	Highest
5. The hospital clearly explains the principles and rationale behind the treatment steps, ensuring service users' confidence.	4.68±0.52	Highest

Table 2 Mean±Standard Deviation (S.D.) and Levels of perceived level of service quality based on five dimensions: Tangibility, Reliability, Responsiveness, Assurance, and Empathy (Continued)

Service quality in five dimensions	Mean±S.D.	Level
Average in Assurance	4.63±0.57	Highest
Empathy		
1. The hospital staff provides services with good manners and listens attentively.	4.59±0.61	Highest
2. The hospital is able to meet the individual needs of each service user.	4.60±0.62	Highest
3. The hospital provides services fairly, without discrimination or favoritism.	4.72±0.53	Highest
4. The hospital staff prioritizes according to the needs of the service users, treating their issues as their own.	4.60±0.62	Highest
5. The hospital staff is willing to listen to feedback and suggestions willingly.	4.55±0.70	Highest
Average in Empathy	4.61±0.62	Highest

การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์คุณภาพบริการที่ครอบคลุมได้รวบรวมข้อมูลเชิงลึกจากมุมมองหลากหลายด้าน ได้แก่ การให้ความมั่นใจ ความน่าเชื่อถือ การเอาใจใส่ การตอบสนองลูกค้า และความเป็นรูปธรรมของการบริการ ซึ่งครอบคลุมทุกมิติที่สำคัญในระบบบริการสุขภาพสัตว์ ผลการศึกษาสะท้อนว่าคุณภาพการบริการในโรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน มีมาตรฐานที่สูง โดยมีคะแนนเฉลี่ยในระดับ "มากที่สุด" ในทุกมิติ การสุ่มตัวอย่างตามความสะดวก (Convenience Sampling)ในการทำแบบสอบถาม แม้จะเหมาะสมกับทรัพยากรและเวลา แต่การสุ่มแบบนี้อาจทำให้ตัวอย่างไม่ได้เป็นตัวแทนที่สมบูรณ์ของประชากรทั้งหมด ควรใช้การสุ่มแบบ Stratified Sampling ในอนาคตเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ และการประเมินที่อิงตามค่าคะแนนเฉลี่ยนั้นค่าคะแนนเฉลี่ยสูงอาจไม่ได้สะท้อนปัญหาหรือข้อบกพร่องที่อาจเกิดในบางมิติ เช่น ความเป็นรูปธรรม (Tangibility) ที่ได้คะแนนต่ำสุด อาจชี้ให้เห็นว่ามีความไม่พอใจในด้านนี้ ควรมีการศึกษา เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อเข้าใจปัญหาเฉพาะเจาะจงได้มากขึ้น ผลการวิจัยนี้ได้ประเมินงานบริการของโรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัย แต่ยังเปิดโอกาสให้มีการขยายความรู้และปรับปรุงในมิติที่ยังขาดไป

การวางแผนการศึกษาในอนาคตยังมีหลายจุดที่น่าสนใจ เช่น การศึกษาเชิงเปรียบเทียบคุณภาพการบริการระหว่างโรงพยาบาลสัตว์ในมหาวิทยาลัยอื่น ๆ หรือโรงพยาบาลเอกชน เพื่อหาปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างและนำมาพัฒนา การศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการรับรู้ของผู้ใช้บริการ เช่น วัฒนธรรม ความคาดหวัง และประสบการณ์ในอดีต

สรุป

คุณภาพการบริการในโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน มีระดับความการรับรู้คุณค่าบริการที่ดีมาก จากบุคลากรมีความเชี่ยวชาญและทักษะในการสื่อสารที่ดี เช่น การแต่งกายสะอาดเรียบร้อย ทักษะการวินิจฉัยโรค และการตอบคำถามลูกค้าได้อย่างชัดเจน เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทันสมัย สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและเทคโนโลยีล่าสุด ให้ความมั่นใจแก่ลูกค้าด้วยขั้นตอนการดูแลรักษาที่โปร่งใสและมีเหตุผล ส่วนที่สามารถนำมาพัฒนาเพิ่มเติม ได้แก่ ด้านความเป็นรูปธรรมของการบริการที่มีจุดที่ควรปรับปรุง เช่น การจัดพื้นที่รอรับบริการและการ

ระบายอากาศที่ยังไม่เพียงพอ เมื่อเทียบกับความต้องการของผู้ใช้บริการ ด้านการตอบสนองลูกค้าส่วนระยะเวลาในการให้บริการบางขั้นตอนยังไม่เหมาะสม ซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่สะดวกในบางกรณี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.สพ.ญ.ดร.ชื่นสุมน ลิ้มมานนท์ และ อ.ดร.สุวรรณา เขียวภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาและทุนสนับสนุนวิชาการนิสิตคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการปัญหาพิเศษ 2567 รศ.สพ.ญ.ดร. เกษกนก ศิรินฤมิตร ผู้ทรงคุณวุฒิ โรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน อ.ดร.ภพพิศลย์ ภพอุดม ภาควิชาอุสาหกรรมท่องเที่ยวและบริการ คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และ ผศ.ดร.ธนวันต์ สิทธิไทย ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย Index of Item Objective Congruence (IOC) นางสาวอุทุมพร พัดไสว หัวหน้าฝ่ายลูกค้าสัมพันธ์ โรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ได้ช่วยประสานงานด้านแบบสอบถาม

เอกสารอ้างอิง

บุญชม ศรีสะอาด. 2538. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 2, พิมพ์ครั้งที่ 2. สุวีริยสาส์น. กรุงเทพฯ.

Rensis, L. 1967. The Method of Constructing and Attitude Scale. In Reading in Fishbeic, M (Ed.). Attitude Theory and Measurement, New York, pp. 90–95.

Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry, L.L. 1985. A conceptual model of service quality and its implications for future research. J. Mark. 49: 41–50.

Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry, L.L. 1988. Servqual: A multiple-item scale for measuring consumer perc. J. Retail. 64: 12.

Penchansky, R., Thomas, J.W. 1981. The concept of access: definition and relationship to consumer satisfaction. Med. Care. 19: 127–140.

Sweeney J.C., Soutar, G.N. 2001. Consumer perceived value: The development of a multipleitem scale. 77: 203–220. doi.org/10.1016/S0022-4359(01)00041-0

การประยุกต์ใช้ Nucleoprotein indirect-ELISA สำหรับตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าในสุนัข
Application of Nucleoprotein indirect-ELISA for serosurveillance of Rabies antibodies in dogs

จิรสิน ศรีดาพันธ์[a], **ธรณ์ธันย์ ชินารักษ์**[a], **ปรียาภรณ์ พลอยพิชัย**[a], **อนามิกา กฤติยากรรณ์**[a], **นพดล ประเสริฐสินเจริญ**[a], **วรวุฒิ ฤกษ์อำนวยโชค**[b], **ณัฐกาญจน์ นายมอญ**[a], **ธรรมาพร พิจิตราศิลป์**[a,*]

Jirasin Sridaphan[a], Torntun Chinarak[a], Preeyaporn Ploypichai[a], Anamika Kritiyakarn[a], Noppadol Prasertsincharoen[a], Worawut Rerkamnuaychoke[b], Nattakarn Naimon[a], Thanmaporn Phichitraslip[a,*]

[a]ภาควิชาเทคนิคการสัตวแพทย์ คณะเทคนิคการสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[b]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ชลบุรี 20110

[a]Department of Veterinary Technology, Faculty of Veterinary Technology, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[b]Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi 20110, Thailand

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

บทคัดย่อ

การระบาดของโรคพิษสุนัขบ้าอันมีสาเหตุจากสุนัขเป็นพาหะนำโรคมาสู่มนุษย์ในประเทศไทยยังเป็นปัญหาสำคัญ การทำวัคซีนในสุนัขเป็นปัจจัยหลักในการป้องกันการแพร่ระบาดและการตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าจะช่วยทำให้ทราบสัดส่วนของสัตว์มีภูมิคุ้มและไม่มีภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าได้ การศึกษานี้จึงพัฒนา Nucleoprotein indirect-ELISA (N-ELISA) เพื่อตรวจระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้า พบว่ามีความไว 93.3% และความจำเพาะอยู่ที่ 95.9% เมื่อเทียบกับ Rapid fluorescent focus inhibition test (RFFIT) ผลการตรวจระดับภูมิคุ้มกันของสุนัขจากจังหวัดชลบุรีด้วย N-ELISA พบระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้า 38.94% เมื่อวิเคราะห์ประวัติสุนัขที่มีเจ้าของและจรจัดพบว่าสุนัขมีเจ้าของมีระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้า 43.96% และสุนัขจรจัดมีภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้า 18.18% พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยยะสำคัญ ($p < 0.0005$) การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าของสุนัขในพื้นที่ต่ำกว่าองค์การอนามัยโลกกำหนดและเทคนิค N-ELISA มีประสิทธิภาพและสามารถใช้ในการตรวจวัดระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าในสุนัขได้ในอนาคต

คำสำคัญ: นิวคลีโอโปรตีน, ปฏิกิริยาเอนไซม์อิมูโนแอสเสย์, ระดับแอนติบอดี, โรคพิษสุนัขบ้า

Abstract

Rabies is continuously a public health and veterinary problem in Thailand. Dog-transmitted rabies is the main cause of casualties annually. The monitoring of vaccine coverage and antibody response are necessary for the prevention of rabies. Nucleoprotein indirect-ELISA (N-ELISA) was developed to examine dogs' antibody titers against rabies. Sensitivity and Specificity are 93.3% and 95.9%, compared to the gold standard method. Dogs' antibody titters in Chonburi were 38.94% by N-ELISA. A comparison between the history of dog populations found that antibody titers in control dogs are 43.96% while in stray dogs, it is 18.18%, the statistical analysis reveals a significant difference ($p < 0.0005$). These results suggest antibody titers of dogs in Chonburi province weren't enough to prevent rabies transmission according to WHO recommendations and the suitability and effectiveness of N-ELISA for monitoring antibody titters in dogs in the future.

Keywords: Antibody titters, Enzyme-linked immunosorbent assay, Nucleoprotein, Rabies

คำนำ

โรคพิษสุนัขบ้าเป็นโรคที่มีความอันตรายก่อให้เกิดอาการทางระบบประสาทอย่างรุนแรงในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สาเหตุของโรคมาจากเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้า (Rabies virus) โดยจัดเป็น non-segmented negative single strand RNA virus ในสกุล *Lyssavirus* วงศ์ *Rhabdoviridae* รายงานจากองค์การอนามัยโลก (WHO) คาดการณ์ผู้เสียชีวิตจากโรคพิษสุนัขบ้าประมาณ 59,000 คนต่อปีจาก 150 ประเทศทั่วโลกส่วนใหญ่เกิดขึ้นในทวีปแอฟริกาและเอเชีย ประเทศไทยจัดเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีการระบาดสูงโดยสาเหตุการระบาดมาจากสุนัขซึ่งเป็นพาหะหลักในการนำโรคติดต่อสู่มนุษย์ (World Health, 2018; Thanapongtharm et al., 2021)

WHO ได้ประกาศแนวทางในการกำจัดโรคพิษสุนัขบ้านำโดยสุนัขสู่คนให้หมดภายในปี 2030 ผ่านการทำวัคซีนในสุนัขโดยต้องครอบคลุมมากกว่า 70% ของจำนวนประชากรในพื้นที่เพื่อสร้างภูมิคุ้มกันหมู่ (World Health, 2018; Aronthippaitoon et al., 2019) กรมปศุสัตว์ของประเทศไทยจึงได้ดำเนินโครงการทำวัคซีนในสุนัขและแมวอย่างต่อเนื่องตลอดทุกปี อย่างไรก็ตามยังคงมีรายงานการระบาดในหลายพื้นที่จากการดำเนินการตรวจทั้งเชิงรุกและเชิงรับ แนวโน้มจำนวนสัตว์ติดเชื้อมีเพิ่มขึ้น โดยจังหวัดชลบุรีตรวจพบสัตว์ติดเชื้อโรคพิษสุนัขบ้าสูงสุดที่ 45, 69 และ 94 ตัวอย่างในปี 2020–2022 ส่งผลให้ในปี 2023 พบผู้เสียชีวิต 2 จากทั้งหมด 3 รายของผู้ติดเชื้อในภาคตะวันออก ด้วยเหตุนี้การตรวจติดตามประสิทธิภาพ ความครอบคลุม และระดับการตอบสนองของการทำวัคซีนจึงมีบทบาทสำคัญในการวางมาตรการการป้องกันและควบคุม (กรมปศุสัตว์, 2567)

องค์การโรคระบาดสัตว์ระหว่างประเทศ (OIE) และ WHO ได้กำหนดให้ Fluorescent antibody virus neutralization (FAVN) และ Rapid fluorescent focus inhibition test (RFFIT) เป็นวิธีมาตรฐานในการตรวจหาแอนติบอดีลบล้างฤทธิ์ไวรัสพิษสุนัขบ้า (RVNA) ในห้องปฏิบัติการ (Realegeno et al., 2018; World Health, 2018) อย่างไรก็ตามเทคนิคดังกล่าวเป็นวิธีที่ใช้ระยะเวลา ค่าดำเนินการ และอาศัยทักษะของผู้ปฏิบัติการสูง ไม่สามารถดำเนินการตรวจได้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป และไม่เหมาะต่อการตรวจในปริมาณมาก ดังนั้นเทคนิค Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) ที่ใช้ปริมาณของซีรัมน้อย ไม่ใช้ไวรัสมีชีวิตในการตรวจทำให้มีความปลอดภัยมากกว่า ทั้งยังสามารถดำเนินการตรวจได้ในปริมาณมากจึงเป็นอีกหนึ่งวิธีในวิธีการตรวจทางภูมิคุ้มกันที่เหมาะสม ปัจจุบันชุดตรวจ ELISA อาศัยการตรวจหาแอนติบอดีที่จำเพาะต่อไกลโคโปรตีนแอนติเจน ประสิทธิภาพในการตรวจขึ้นกับวิธีที่ใช้ในการผลิตส่งผลต่อโครงสร้างของไกลโคโปรตีนทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจ (Realegeno et al., 2018) อย่างไรก็ตามนิวคลีโอโปรตีนเป็นหนึ่งในเป้าหมายที่สำคัญของแอนติบอดีเนื่องจากความสามารถในการกระตุ้นภูมิที่ดีของนิวคลีโอโปรตีนช่วยให้เกิดการตอบสนองของภูมิคุ้มกันและสร้างแอนติบอดีต่อแอนติเจนหลักของไวรัสขึ้นมาก นิวคลีโอโปรตีนจึงมีความเหมาะสมในการเป็นแอนติเจนสำหรับตรวจหาระดับภูมิคุ้มกันที่เกิดจากการทำวัคซีน (Aronthippaitoon et al., 2019)

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการผลิตแอนติเจนนิวคลีโอโปรตีนเพื่อใช้ในการตรวจคัดกรองหาภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าจากตัวอย่างซีรัมของสุนัขในจังหวัดชลบุรีด้วยเทคนิค Indirect-ELISA

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดสุนัขจำนวน n = 113 ตัว (เพศผู้ = 76, เพศเมีย = 37) จากจังหวัดชลบุรี โดยเก็บเลือดสุนัขจาก Cephalic vein หรือ Saphenous vein ปริมาตร 3 ซีซี บรรจุลงในหลอดเก็บเลือดที่ปราศจากสารป้องกันการ

แข็งตัวของเลือด และทำให้เลือดแข็งตัวโดยตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปั่นแยกซีรัมด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 3,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที และทำการเก็บซีรัมไว้ที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อรอการตรวจวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

การผลิตแอนติเจน

สกัด RNA ของเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าจากสายพันธุ์ *RC-H/L* ด้วยชุดสกัด QIAamp Viral RNA Mini Kit (QIAGEN, Hilden, Germany) จากนั้นทำการลอกรหัสแบบย้อนกลับนิวคลีโอโปรตีนของไวรัสพิษสุนัขบ้า (RABV-N) โดยใช้ random 9-mer oligonucleotide primers (TaKaRa, Otsu, Japan) และเพิ่มปริมาณ RABV-N ด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR) ทำการโคลน RABV-N เข้าสู่พลาสมิด pCAGGS โดยใช้ DNA Ligation Kit (TaKaRa) แล้วผสม RABV-N พลาสมิด 1 ไมโครลิตรกับ Escherichia (E.) coli strain DH5α (TOYOBO, Osaka, Japan) 10 ไมโครลิตรและบ่มเป็นเวลา 20 นาที และทำการ Heat shock เป็นเวลา 30 วินาที บ่มเชื้อกับ SOC medium 900 ไมโครลิตรเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เชื้อกระจายในจานเพาะเชื้อ LB และนำไปบ่มข้ามคืนที่อุณหภูมิ 37°C แยกโคโลนีเดี่ยวและบ่มใน LB medium 5 มิลลิลิตร เป็นเวลา 12–16 ชั่วโมง และทำการสกัดพลาสมิดเก็บที่ -80°C ทำการเพาะเลี้ยงเซลล์ Human Embryonic Kidney 293T (HEK293T) ปริมาตร 10 มิลลิลิตรที่ความเข้มข้น 3.0×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร ในเพลทขนาด 100 มิลลิเมตร และทำการผสมพลาสมิด 19.2 มิลลิกรัม และ Opti-MEM 1,200 ไมโครลิตร (สารละลาย A) และผสม PEI 96 ไมโครกรัมและ Opti-MEM 1,200 ไมโครลิตร (สารละลาย B) บ่มสารทั้งสองที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงผสมสารละลาย A และสารละลาย B เข้าด้วยกันและบ่มเป็นเวลา 15 นาที เปลี่ยนอาหารเลี้ยงเซลล์และเติมสารละลายที่ผสมไว้ลงในเพลท 3 ครั้ง ครั้งละ 800 ไมโครลิตร และบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นย่อยเซลล์ด้วย Lysis Buffer เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงเซลล์ด้วยความเร็ว 15,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 30 นาทีและทำการเก็บเอาสารน้ำมาตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของโปรตีนด้วย Bradford Protein Assay และเก็บรักษาโปรตีนที่อุณหภูมิ -80°C

การตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าด้วยเทคนิค Rapid fluorescent focus inhibition test (RFFIT)

เพาะเลี้ยงเซลล์ Mouse Neuroblastoma cell (MNA) ใน T75 flask ด้วย Minimal Essential Medium (MEM) ที่มี 10% Fetal bovine serum (FBS) ให้มีความหนาแน่นประมาณ 90–95% และทำการ seed ลงบนเพลท 96 หลุมที่ความเข้มข้น $2.5–3\times10^5$ เซลล์/มิลลิลิตร และเลี้ยงข้ามคืน ทำการเจือจางซีรัมตัวอย่าง 2.5 เท่าและเจือจางไวรัส 2,800 เท่าด้วยอาหาร MEM medium ที่มี FBS 2% ทำการผสมไวรัสกับซีรัมปริมาตรอย่างละ 120 ไมโครลิตรเข้าด้วยกันและบ่มเป็นเวลา 90 นาที จากนั้นนำไปหยดใส่ในเพลทเลี้ยงเซลล์ 96 หลุมปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มข้ามคืนที่อุณหภูมิ 37°C แล้วรักษาสภาพเซลล์ด้วย 80% acetone และย้อมด้วยสี 100-fold FITC Anti-Rabies Monoclonal Globulin เป็นเวลา 30 นาทีและตรวจนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์

การตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าด้วยเทคนิค Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

เคลือบเพลท 96 หลุมด้วยแอนติเจน หลุมละ 100 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 4°C ข้ามคืน เติม 1% Blocking buffer 200 ไมโครลิตรที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างเพลทด้วย 1X Phosphate buffer saline with tween (1X PBS-T) เจือจางซีรัมตัวอย่างในอัตราส่วน 1:100 และเติมซีรัมที่เจือจางแล้ว 100 ไมโครลิตรลงในหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที ล้างเพลทด้วย 1X PBS-T และเติม Protein A/G ติดฉลากด้วย Horseradish

peroxidase 100 ไมโครลิตรลงในแต่ละหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที ทำการล้างเพลทด้วย 1X PBS-T และเติม 2-2'-azino-di-(3-ethylbenzthiazoline sulfonic acid) 100 ไมโครลิตรและเขย่า 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นเติม 1% Sodium dodecyl sulfate 100 ไมโครลิตร และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร

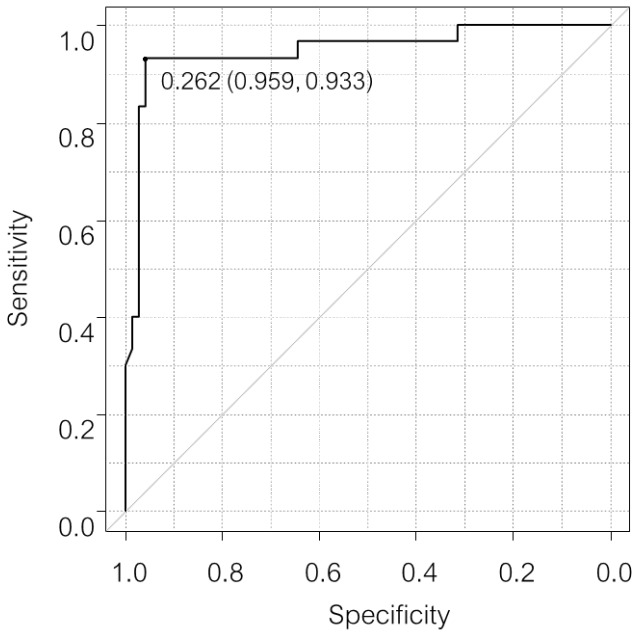


Fig. 1 The ROC curves analysis of sensitivity and specificity of N-ELISA (Area under the curve: 0.9482, 95% CI: 0.8941-1 (DeLong)

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบค่าความไวและความจำเพาะระหว่างเทคนิค RFFIT และ ELISA ด้วย Receiver operating characteristic analysis (ROC analysis) และการเปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ใต้โค้งด้วย DeLong test เพื่อหาค่าตัดสินผลเป็นบวก (Cut-off values) วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลด้วย Normality test วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างสุนัขมีเจ้าของและสุนัขจรจัดด้วย Mann-Whitney U test วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเพศของสุนัขที่ได้รับวัคซีนด้วย Mann-Whitney test วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสุนัขไม่ได้รับวัคซีนและไม่ทราบประวัติวัคซีนกับอายุด้วย Kruskal-Wallis test และสร้างแผนภูมิค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม GraphPad Prism 9 ซึ่งดัดแปลงมาจาก Servat et al. (2007)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษานี้ได้พัฒนา N-ELISA เพื่อตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าในสุนัขโดยทำการศึกษาประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับเทคนิค RFFIT จากตัวอย่างซีรัม (n = 111) โดยทราบผลเป็นบวก 31 ตัวอย่างและผลเป็นลบ 80 ตัวอย่างจากการตรวจด้วยเทคนิคมาตรฐาน และทำการวิเคราะห์ผลด้วย ROC analysis โดยเทคนิค N-ELISA มีค่า Cut-off เท่ากับ 0.262 IU/ml ที่อัตราส่วนความเข้มข้นที่ 1:100 และมีค่าความว่องไวและความจำเพาะต่อการตรวจอยู่ที่ 93.3% และ 95.9% ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) 0.8941–1 (DeLong) ดังแสดงใน Fig.1 จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพของ N-ELISA เทียบกับเทคนิค RFFIT มีความไวและความจำเพาะสูงกว่า 90% ระดับภูมิคุ้มที่ตรวจได้มี

ความสอดคล้องกับภูมิคุ้มกันปัจจุบันของสุนัข ค่าผลบวกลวงและผลลบลวงอาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างในเทคนิคการตรวจโดย RFFIT เป็นการตรวจหาแอนติบอดีที่สามารถลบล้างฤทธิ์ได้ทั้งหมด แต่ N-ELISA นี้เป็นเพียงการตรวจคัดกรองหาแอนติบอดีต่อนิวคลีโอโปรตีนเพียงอย่างเดียว (Realegeno et al., 2018) อีกทั้งขั้นตอนการผลิตที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ทำให้อาจจะมีปัจจัยรบกวนจากเซลล์ อย่างไรก็ตามขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์อาจจะส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพของแอนติเจนมากกว่า เนื่องจากกระบวนการทำให้บริสุทธิ์มีผลให้คุณสมบัติของโปรตีนแอนติเจนเปลี่ยนแปลงส่งผลต่อความไวและความจำเพาะในการจับที่ลดลง (Wasniewski and Cliquet, 2012; Tursunov et al., 2017)

จากการรายงานขององค์การอนามัยโลกพบว่าสุนัขจะสามารถสร้างภูมิคุ้มกันหมู่ได้เมื่อประชากรสุนัขมีระดับภูมิคุ้มกันโรคพิษสุนัขบ้าตั้งแต่ 70% ขึ้นไป ซึ่งสามารถลดการระบาดและการแพร่กระจายของเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ (World Health, 2018) เพื่อตอบสนองนโยบายกำจัดโรคพิษสุนัขบ้าที่นำโดยสุนัข การตรวจติดตามระดับภูมิคุ้มกันในสุนัขจึงมีความสำคัญในการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคพิษสุนัขบ้าสู่มนุษย์ (Aronthippaitoon et al., 2019) อย่างไรก็ตามรายงานเปอร์เซ็นต์ของสุนัขที่มีภูมิคุ้มกันโรคหลังจากได้รับวัคซีนหลายประเทศทั่วโลก พบว่าสุนัขมีภูมิคุ้มกันโรคต่ำกว่าที่กำหนด ส่งผลทำให้ไม่สามารถควบคุมการระบาดของโรคพิษสุนัขบ้า (Roland et al., 2022) ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าในสุนัขในชลบุรีซึ่งมีระดับภูมิคุ้มต่อโรคพิษสุนัขบ้าอยู่ที่ 38.94% (44/113) ดังที่แสดงใน Fig. 2A เมื่อแยกสุนัขที่มีเจ้าของและสุนัขจรจัดออกจากกันพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยยะสำคัญยิ่ง ($p < 0.0005$) โดยสุนัขมีเจ้าของพบภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าสูงกว่าอยู่ที่ 43.96% (40/91) และสุนัขจรจัดพบว่ามีภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าเพียง 18.18% (4/22) ดังแสดงใน Fig. 2B บ่งบอกได้ว่าสุนัขมีเจ้าของจะมีระดับภูมิคุ้มกันที่สูงกว่าสุนัขจรจัด

เมื่อทำการแยกเพศของสุนัขที่ได้รับวัคซีนพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในระดับของภูมิคุ้มกัน ($p = 0.3639$) โดยเพศผู้พบภูมิคุ้มกัน 76.19% (16/21) และเพศเมียพบภูมิคุ้มกัน 50% (15/30) สุนัขที่ไม่ได้รับและไม่ทราบประวัติวัคซีนเมื่อคัดแยกด้วยช่วงอายุพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในระดับของภูมิคุ้มกัน ($p = 0.7068$) การมีภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าในสุนัขจรจัดและสุนัขที่มีอายุน้อยต่ำกว่าระดับภูมิคุ้มกันของสุนัขที่มีเจ้าของสอดคล้องกับการศึกษาในหลายจังหวัดของประเทศ (Daengham et al., 2544; จันไชยยศ, 2563; พรหมภักดี และกินาวงศ์, 2563) โดยสุนัขที่มีเจ้าของจะมีระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าสูงกว่าสุนัขจรจัด นอกจากนี้เพศของสุนัขไม่ส่งผลต่อการสร้างภูมิคุ้มกันเมื่อได้รับวัคซีนและช่วงอายุไม่มีผลต่อการไม่ได้รับวัคซีนของสุนัข (องอาจ และ สุรพงษ์, 2561) อย่างไรก็ตามภาพรวมของระดับภูมิคุ้มกันยังคงไม่ครอบคลุมถึง 70% ที่จะสามารถป้องกันการระบาดได้ อันเกิดมาจากจำนวนประชากรสัตว์ที่มาก การเข้าถึงของวัคซีนที่ทำได้ยาก ความรู้ความเข้าใจของเจ้าของสัตว์และประชาชนในพื้นที่ ความต่อเนื่องของการทำวัคซีน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการระบาดให้มีประสิทธิภาพ (Thanapongtharm et al., 2021) ดังนั้นการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าสุนัขในชลบุรียังมีระดับของภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าต่ำกว่าที่องค์การอนามัยโลกกำหนด และถึงแม้ว่าสุนัขมีเจ้าของจะมีระดับภูมิคุ้มกันที่สูงกว่าสุนัขจรจัด แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการป้องกันการแพร่ระบาด

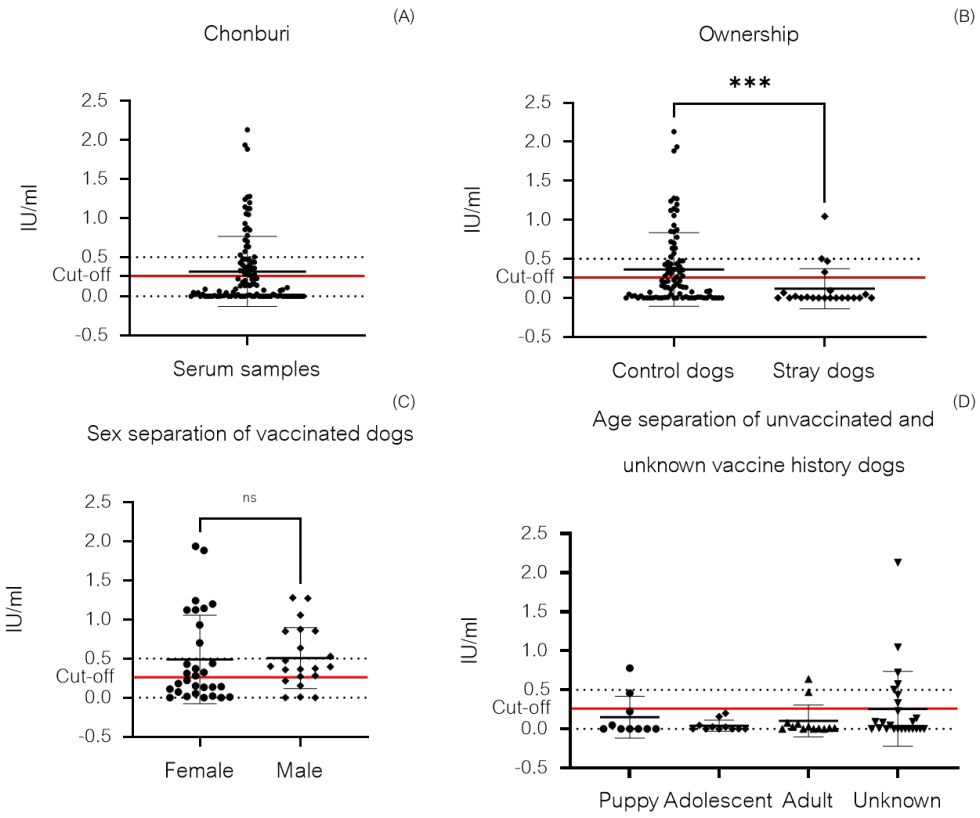


Fig. 2 Statistic analysis of Chonburi antibody titters. (A) Results of Dog antibodies. (B) Statistic analysis of ownerships. (C) Sex separation of vaccinated dogs. (D) Age separation of unvaccinated and unknown vaccine history dogs

สรุป

การตรวจติดตามระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าที่เกิดจากการทำวัคซีนเป็นหนึ่งในการควบคุมการแพร่ระบาดที่สำคัญเพื่อที่จะได้มีการแก้ไขมาตรการการทำวัคซีนให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันของโรคพิษสุนัขบ้าในพื้นที่ เทคนิค N-ELISA ถูกพัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพในการตรวจระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าในสุนัข มีความปลอดภัย ใช้เวลาในการผลิตและการตรวจที่ลดลง ทำให้สามารถดำเนินการตรวจตัวอย่างได้ในปริมาณที่มากจึงสามารถช่วยให้การตรวจติดตามระดับภูมิคุ้มกันในสุนัขสามารถทำได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม N-ELISA ถูกพัฒนามาเพื่อตรวจคัดกรองระดับของภูมิคุ้มกันในสุนัขเพียงเท่านั้นไม่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของแอนติบอดีในการป้องกันโรคพิษสุนัขบ้าได้ซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้เทคนิคหรือวิธีการอื่นในการตรวจประสิทธิภาพการป้องกันโรคพิษสุนัขบ้าของแอนติบอดี อีกทั้งอัตราส่วนของสุนัขที่มีภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้ายังคงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าองค์การอนามัยโลกกำหนด จึงทำให้สุนัขมีความเสี่ยงที่จะติดโรคพิษสุนัขบ้าได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก Prof. Ken Maeda, Dr. Keita Ishijima, Dr. Yudai Kuroda, Dr. Masakastu Taira, Dr. Eun-sil Park, Dr. Milagros Virhuez Mendoza, Dr. Yusuke Inoue, Dr. Michiko Harada, Dr. Tsukasa Yamamoto, Dr. Ayano Nishino และ Dr. Aya Matsuu จากแผนกวิทยาศาสตร์ทางสัตวแพทย์ (Department of Veterinary Science) สถาบันวิจัยโรคติดเชื้อแห่งชาติ ประเทศญี่ปุ่น (The National Institute of Infectious Diseases; NIID) ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ พร้อมทั้งอำนวยความสะดวกสำหรับสารเคมี อุปกรณ์ รวมถึงสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (This research is funded by Kasetsart University through the Graduate School Fellowship Program) โครงการเรียนล่วงหน้าประจำปี 2566

เอกสารอ้างอิง

จันไชยยศ วงศพัทธ์. 2563. การศึกษาสภาวะภูมิคุ้มกันต่อโรคพิษสุนัขบ้าของสุนัขจรจัดในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต: เว็บไซต์สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดภูเก็ต, เลขทะเบียนวิชาการ 63(2)-0116(8)-115.

ธีราภรณ์ พรหมภักดี, สุนิสา กินาวงศ์. 2563. การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงโรคพิษสุนัขบ้าในสัตว์โดยใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. เว็บไซต์สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพระนครศรีอยุธยา: สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, เลขทะเบียนวิชาการ 63(2)-0116(1)-160.

กรมปศุสัตว์. 2567. ระบบสารสนเทศเพื่อเฝ้าระวังโรคพิษสุนัขบ้า กรมปศุสัตว์. http://www.thairabies.net/Trn/, 5 มิถุนายน 2567.

องอาจ เลาหวินิจ, สุรพงษ์ วงศ์สุทธาวาส. 2561. ความสัมพันธ์ค่าแอนติบอดีไวรัสพิษสุนัขบ้ากับเพศ อายุ จำนวนครั้งและระยะเวลาหลังการฉีดวัคซีนพิษสุนัขบ้า ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 417–423.

Aronthippaitoon, Y., Samer, W., Atuntee, T., Thananchai, H., Thongkorn, K., Pongsopawijit, P., Inoue, S., et al. A Cost Effective Easy Competitive Enzyme-Linked Immunosorbent Assay Suitable for Monitoring Protective Immunity against the Rabies Virus in the Serum of Humans and Dogs. Jpn. J. Infect. Dis. 72: 99–105. doi.org/10.7883/yoken.JJID.2018.248

Daengharn, T., Khoondilokpod, P., Jiwakanon, J. Pattamadilok, S. Seroprevalence Study of Rabies Immunity among Dogs in Loei Province B.E.2544. Maharat Nakhon Ratchasima Hospital Journal. 30: 85–92. https://he04.tci-thaijo.org/index.php/MNRHJ/article/view/2024.

Realegeno, S., Niezgoda, M., Yager, P.A., Kumar, A., Hoque, L., Orciari, L., Sambhara, S., Olson, V.A., Satheshkumar, P.S. 2018. An Elisa-Based Method for Detection of Rabies Virus Nucleoprotein-Specific Antibodies in Human Antemortem Samples. PLoS One. 13: e0207009. doi.org/10.1371/journal.pone.0207009

Roland, S., Benjamin, E., Patrick, B.V., Juana, M., Derrick, A. 2022. Seroprevalence and predisposing factors of rabies antibodies in unvaccinated dogs in Sierra Leone. Vet. Med. Sci. 8: 2345–2350. doi.org/10.1002/vms3.946

Servat, A., Feyssaguet, M., Blanchard, I., Morize, J.L., Schereffer, J.L., Boue, F., Cliquet, F. 2007. A quantitative indirect ELISA to monitor the effectiveness of rabies vaccination in domestic and wild carnivores. J. Immunol. Methods. 318: 1–10. doi.org/10.1016/j.jim.2006.07.026

Thanapongtharm, W., Suwanpakdee, S., Chumkaeo, A., Gilbert, M., Wiratsudakul, A. 2021. Current Characteristics of Animal Rabies Cases in Thailand and Relevant Risk Factors Identified by a Spatial Modeling Approach. PLoS Negl. Trop. Dis. 15: e0009980. doi.org/10.1371/journal.pntd.0009980

Tursunov, K., Begaliyeva, A., Ingirbay, B., Mukanov, K., Ramanculov, E., Shustov, A., Mukantayev, K. 2017. Cloning and Expression of Fragment of the Rabies Virus Nucleoprotein Gene in Escherichia Coli and Evaluation of Antigenicity of the Expression Product. Iran. J. Vet. Res. 18: 36–42.

Wasniewski, M., Cliquet, F. Evaluation of Elisa for Detection of Rabies Antibodies in Domestic Carnivores. J. Virol. Methods. 179: 166–75. doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2011.10.019

World Health. 2018. Organization. Who Expert Consultation on Rabies: Third Report. Who Technical Report Series;1012. Geneva: World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/272364.

สาขาประมง

(Subject: Fisheries)

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบน้ำมันปลาทูน่าและเพคตินต่อการลดการละลายของยาฟลอเฟนิคอลจากอาหารเม็ด

Study on the effectiveness of tuna oil and pectin coating materials to minimize florfenicol leaching from pelleted feed

เจนจิราภรณ์ หันตราฐิน[a,*], **นิติ ชูเชิด**[a], **ถิรวัฒน์ รายรัตน์**[a], **พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล**[b]

Jenjiraporn Hantrathin[a,*], Niti Chuchird[a], Tirawat Rairat[a], Phongchate Pichitkul[b]

[a]ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

[b]ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

[a]Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[b]Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: jenjiraporn.h@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำมันปลาทูน่าและเพคตินต่อการลดการละลายของยาฟลอเฟนิคอลจากอาหารเม็ดสำหรับกุ้งขาวแวนนาไมที่เตรียมโดยวิธีเคลือบบนผิวอาหาร โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) อาหารที่ผสมยาโดยไม่ได้ใช้สารเคลือบ 2) อาหารผสมยาที่เคลือบด้วยน้ำมันปลาทูน่า 3) อาหารผสมยาที่เคลือบด้วยเพคติน และ 4) อาหารผสมยาก่อนผ่านกระบวนการอัดเม็ด (mixed medicated feed) เทอาหารแต่ละกลุ่มปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำ 2 ลิตร และวัดความเข้มข้นของยาในน้ำที่เวลา 5, 15, 30, 60 และ 120 นาที หลังแช่ยา 120 นาที อาหารผสมยาที่เคลือบด้วยเพคตินมีความเข้มข้นของยาในน้ำเพียง 2.90 ppm คิดเป็นอัตราการละลาย 29.05% ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่ม mixed medicated feed (1.23 ppm มีการละลาย 12.31%) แต่น้อยกว่าอาหารผสมยาที่เคลือบด้วยน้ำมันปลาทูน่า (7.16 ppm มีการละลาย 71.63%) และอาหารที่ไม่ได้เคลือบ (8.48 ppm มีการละลาย 84.80%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าสารเคลือบชนิดเพคตินช่วยลดการละลายของยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การละลายของยา, ยาต้านจุลชีพ, สารเคลือบ, อาหารเม็ด

Abstract

The study aimed to evaluate the effects of tuna oil and pectin to minimize the leaching rate of florfenicol from pelleted feed for Pacific white shrimp, prepared by a top-dressing approach. The experiment was divided into 4 groups: 1) medicated feed without a coating material (control feed), 2) tuna oil-coated feed, 3) pectin-coated feed, and 4) basal diet mixed with the drug before pelletizing (mixed medicated feed). Two grams of feed was immersed in 2 L of water, and the drug concentration in the water was measured at 5, 15, 30, 60, and 120 min. At 120 min, the pectin-coated feed had a drug concentration in the water of only 2.90 ppm (leaching rate 29.05%), which was similar to the mixed medicated feed group (1.23 ppm; leaching rate 12.31%) but significantly lower than the tuna oil-coated feed (7.16 ppm; leaching rate 71.63%) and the uncoated feed (8.48 ppm; leaching rate 84.80%). The result indicates that pectin coating effectively reduces the drug leaching.

Keywords: Antibiotics, Coating materials, Drug leaching, Pelleted feed

คำนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีบทบาทสำคัญในการผลิตอาหารเพื่อตอบสนองความต้องการโปรตีนคุณภาพสูงทั่วโลก โดยกุ้งขาวแวนนาไม *(Litopenaeus vannamei)* ถือเป็นกุ้งเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย ซึ่งเป็นหนึ่งในประเทศที่มีการเพาะเลี้ยงและบริโภคกุ้งชนิดนี้อย่างกว้างขวาง ในอดีตประเทศไทยเคยเป็นผู้ส่งออกกุ้งขาวรายใหญ่ โดยมีกำลังการผลิตสูงถึงกว่า 600,000 ตันในปี พ.ศ. 2554 อย่างไรก็ตาม ในปี พ.ศ. 2556 อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งต้องเผชิญกับวิกฤตจากการระบาดของโรค “ตายด่วน” (Early Mortality Syndrome หรือ EMS) ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตลดลงกว่า 50% (กรมประมง, 2556) แม้ในปัจจุบัน การเลี้ยงกุ้งทะเลจะยังคงเป็นอุตสาหกรรมสำคัญ แต่ปัญหาการเกิดโรคยังคงเป็นความท้าทายหลัก โดยเฉพาะ โรคติดเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ซึ่งมักส่งผลให้เกิดอาการตายเฉียบพลันและสร้างความเสียหายต่อผลผลิตอย่างรุนแรง เกษตรกรจึงนิยมใช้ยาปฏิชีวนะ ในการรักษาโรคดังกล่าว โดยการคลุกเคล้ายาปฏิชีวนะในอาหารก่อนหว่านให้กุ้งกิน อย่างไรก็ตาม วิธีการผสมยาในอาหารที่ไม่เหมาะสมอาจนำไปสู่ปัญหาการสูญเสียยาเนื่องจากการละลายในน้ำ (leaching) ส่งผลให้กุ้งได้รับยาในปริมาณที่น้อยเกินไป ซึ่งไม่เพียงลดประสิทธิภาพในการรักษา แต่ยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียในระยะยาว การแก้ปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องพัฒนากระบวนการผสมยาที่เหมาะสมและหาแนวทางใหม่ ๆ ในการควบคุมและป้องกันโรค เพื่อส่งเสริมความยั่งยืนในอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งไทยและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพผู้บริโภคในอนาคต

การผสมยาในอาหารสัตว์น้ำสามารถดำเนินการได้หลายวิธีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษาโรคและลดการสูญเสียตัวยาในระหว่างการให้อาหาร หนึ่งในวิธีที่มีประสิทธิภาพคือการผสมตัวยาลงในวัตถุดิบอาหารโดยตรงก่อนเข้าสู่กระบวนการอัดเม็ด (pelleting) ซึ่งทำให้ตัวยายึดติดกับโครงสร้างภายในของเม็ดอาหารและลดการสูญเสียยาจากการละลายในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ranjan et al., 2017) อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะสำหรับการผลิตอาหารเม็ด ซึ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทั่วไปอาจไม่มีความพร้อมในการดำเนินการ ทางเลือกอื่นที่สามารถใช้แทนวิธีดังกล่าวคือการใช้สารเคลือบ (coating materials) ในการเคลือบยาบนผิวอาหารเม็ด (top–coated) ซึ่งช่วยลดการสูญเสียตัวยาจากการละลายในน้ำ ตัวอย่างของสารเคลือบที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ น้ำมันปลาทูน่าและเพคติน โดยน้ำมันปลาทูน่าสามารถสร้างชั้นฟิล์มไขมันที่ป้องกันน้ำซึมเข้าสู่อาหารได้ง่าย และยังช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโตและเสริมภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำ เนื่องจากเป็นแหล่งของกรดไขมันโอเมก้า-3 (Turchini et al., 2009) สำหรับเพคติน ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากผนังเซลล์ของพืช เช่น ส้มและแอปเปิ้ล สามารถสร้างฟิล์มที่แข็งแรงและยืดหยุ่น อีกทั้งยังย่อยสลายได้ในธรรมชาติ (Kocira, 2021) ในทางเภสัชกรรม เพคตินถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมการปลดปล่อยยาในระบบทางเดินอาหาร และมีคุณสมบัติในการป้องกันการเสื่อมสภาพของยา (Sriamornsak, 2003) การใช้สารเคลือบเหล่านี้ช่วยเพิ่มความคงตัวของยาในอาหารเม็ด ลดการสูญเสียยาจากการละลายในน้ำ และเพิ่มปริมาณยาที่สัตว์น้ำได้รับผ่านการบริโภค นอกจากนี้ ยังช่วยลดปริมาณยาที่ปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลให้ลดความเสี่ยงจากผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้ยาปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสารเคลือบเพื่อลดการสูญเสียยาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการสนับสนุนความยั่งยืนของอุตสาหกรรมนี้ในอนาคต การศึกษาของ Duis et al. (1995) ศึกษาการละลายของยาปฏิชีวนะ 4 ชนิด ได้แก่ ออกซีเตตราซัยคลีน ออกโซลินิกแอซิด อะม็อกซี่ซิลลิน และซัลฟาเมทอกซาโซล/ไตรเมโทพริม จากเม็ดอาหารปลาที่เคลือบผิวอาหารด้วยน้ำมันและแคลเซียมอัลจิเนต พบว่าอาหารที่เคลือบด้วยน้ำมันมีการสูญเสียของยาสูง โดยซัลฟาเมทอกซาโซล/ไตรเมโทพริมสูญเสียมากที่สุดถึง 67.3% ที่เวลา 15 นาที ในขณะที่เมื่อใช้แคลเซียมอัลจิเนต การสูญเสียยาเหลือเพียง 24.1% ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จึงแสดงให้เห็นว่าแคลเซียมอัลจิเนตมีประสิทธิภาพในการลดการละลายของยาได้ดีกว่าน้ำมันมาก การศึกษาเพิ่มเติมโดย Guo et al. (2021) ยังยืนยันถึงประสิทธิภาพของน้ำมันปลาและน้ำมันสเตียรีน

ในการเป็นวัสดุเคลือบอาหาร โดยพบว่าการใช้ในสัดส่วน 1.5–3% น้ำมันทั้ง 2 ชนิดสามารถลดการสูญเสียสารอาหารจากอาหารกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำได้ นอกจากนี้ Barreto et al. (2018) ได้ศึกษาการละลายของยาฟลอเฟนิคอลจากอาหารปลาที่เคลือบด้วยสารเคลือบต่าง ๆ ได้แก่ น้ำมันพืช คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) และเพคติน (1.5% และ 3%) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำมันพืชลดการละลายของยาได้ดีที่สุด (7%) รองลงมาคือเพคติน (28%) ขณะที่ CMC มีการละลายสูงสุด (60%) ในทำนองเดียวกัน Xu et al. (1994) ได้ทดสอบการละลายของยาออกซีเตตราซัยคลีนในอาหารเม็ด พบว่าการเคลือบด้วยเอธิลเซลลูโลสช่วยลดการสูญเสียยาในน้ำให้อยู่ต่ำกว่า 2% หลังจากผ่านไป 10 นาที ขณะที่กลุ่มที่ไม่ได้เคลือบมีการสูญเสียเพิ่มขึ้นจาก 10% จนถึง 20% ตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Freitas et al. (2023) ยังเปรียบเทียบวัสดุเคลือบ 3 ชนิด ได้แก่ เอธิลเซลลูโลส เจลาติน และน้ำมันพืช โดยพบว่าเอธิลเซลลูโลสมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการละลายของยาเลวามิโซล (levamisole) โดยมีอัตราการละลายเพียง 4.3% หลังจากแช่น้ำ 15 นาที ในขณะที่เจลาตินและน้ำมันพืชมีอัตราการละลายสูงถึง 30–35% ในเวลาเดียวกัน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการใช้สารเคลือบในอาหารเม็ดจะช่วยลดการสูญเสียยาปฏิชีวนะในน้ำได้ดี แต่การศึกษาที่ผ่านมายังขาดการเปรียบเทียบผลการลดการละลายของยากับวิธีการผสมยาในวัตถุดิบก่อนนำไปตอกอัดเม็ด ซึ่งวิธีดังกล่าวมีศักยภาพสูงสุดในการลดการละลายของยา การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารเคลือบชนิดน้ำมันปลาทูน่า และ เพคติน ในการลดการละลายของยาฟลอเฟนิคอลในอาหารกุ้งขาวแวนนาไม โดยเปรียบเทียบกับวิธีการผสมยาก่อนตอกอัดเม็ด การศึกษานี้มุ่งเน้นพัฒนาสูตรอาหารผสมยาด้วยวิธีการเคลือบบนเม็ด (top–coated medicated feed) ที่มีคุณภาพสูง สามารถป้องกันการละลายของยาในน้ำได้ดี เพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาโรค และลดปริมาณยาปฏิชีวนะที่สะสมในสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืนที่เน้นลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดต้นทุนการใช้ยาปฏิชีวนะในระยะยาว

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมอาหารทดลอง

Diet 1: อาหารที่ผสมยาโดยไม่ได้ใช้สารเคลือบ (control feed)

Diet 2: อาหารผสมยาที่เคลือบด้วยน้ำมันปลาทูน่า (tuna oil–coated feed)

Diet 3: อาหารผสมยาที่เคลือบด้วยเพคติน (pectin–coated feed)

Diet 4: อาหารผสมยาภายในเม็ดอาหารก่อนผ่านกระบวนการอัดเม็ด (mixed medicated feed)

เตรียมอาหารที่ผสมยาโดยไม่ได้ใช้สารเคลือบ (control feed) โดยพรมน้ำลงในอาหารกุ้งพอหมาด และนำผงยาฟลอเฟนิคอลมาตรฐาน (reference standard) ไปเคลือบจนทั่วเม็ดอาหารในอัตราส่วนยา 10 กรัมต่ออาหารเม็ด 1 กิโลกรัม ผึ่งไว้ให้แห้งในที่ร่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Fig. 1)

เตรียมอาหารผสมยาที่เคลือบด้วยน้ำมันปลาทูน่า (tuna oil–coated feed) ในอัตราส่วน 1% ของน้ำหนักอาหาร โดยเตรียมอาหารผสมยาด้วยวิธีเดียวกับ control feed ก่อน จากนั้นจึงนำน้ำมันปลาทูน่ามาเคลือบให้ทั่วเม็ดอาหาร ผึ่งไว้ให้แห้งในที่ร่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เตรียมอาหารผสมยาที่เคลือบด้วยเพคติน (pectin–coated feed) ในอัตราส่วน 1% ของน้ำหนักอาหาร โดยเตรียมอาหารผสมยาด้วยวิธีเดียวกับ control feed ก่อน จากนั้นจึงนำเพคตินที่ผ่านการละลายในน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมาเคลือบให้ทั่วเม็ดอาหาร ผึ่งไว้ให้แห้งในที่ร่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เตรียมอาหารผสมยาภายในเม็ดอาหารก่อนผ่านกระบวนการอัดเม็ด (mixed medicated feed) โดยผสมผงยาฟลอเฟนิคอลมาตรฐานกับวัตถุดิบอาหาร (basal diet ingredients) ในอัตราส่วนยา 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นำไปตอกอัดเม็ดด้วยเครื่องผลิตเม็ดอาหาร ผึ่งไว้ให้แห้งในที่ร่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(A) (B)



Fig.1 Preparation of the control feed. Water was sprinkled onto the feed to moisten it before mixing with the drug powder (A), and the feed was then air-dried in a shaded area (B)

การทดสอบการละลายของยาจากเม็ดอาหาร

ทดลอบการละลายในน้ำของอาหารจากแต่ละกลุ่มโดยใช้โหลแก้วขนาด 10 ลิตร ใส่อาหารผสมยาในน้ำโดยใช้อัตราส่วน อาหาร 2 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร (ความเค็ม 25 ppt อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส) (Fig. 2) จากนั้นคนเบาๆเป็นเวลา 1 นาที ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่เวลา 5, 15, 30, 60, และ 120 นาทีด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตรและนำมากรองผ่าน syringe membrane filter ชนิด nylon ขนาดกรอง 0.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณยาฟลอเฟนิคอลที่ละลายในน้ำโดยใช้เทคนิค high–performance liquid chromatography (HPLC) (Rairat et al., 2023)



Fig. 2 The experimental setting of the drug leaching study using of 10–liter glass jars

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของยาในน้ำโดยเทคนิค HPLC

ศึกษาความเข้มข้นของยาฟลอเฟนิคอลในน้ำที่ละลายจากเม็ดอาหารด้วยเทคนิค HPLC ใช้เครื่อง HPLC รุ่น Agilent Technologies 1260 Infinity (Santa Clara, CA, USA) ซึ่งประกอบด้วย pump (G1311C 1260 Quat Pump VL), autosampler (G1329B 1260 ALS), thermostatted column compartments (G1316A 1260 TCC), Fluorescence Detector (G7121A 1260 FLD) ใช้คอลัมน์ชนิด C–18 และ mobile phase ประกอบด้วย acetonitrile กับ aqueous solution ในอัตราส่วน 35:65 (ซึ่ง aqueous solution ประกอบด้วย 0.01 M NaH_2PO_4, 0.005 M sodium dodecyl sulfate, 0.01% triethylamine และปรับ pH เป็น 4.8 ด้วยกรด H_3PO_4) อัตราไหลของ mobile phase คือ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดยาโดยใช้เครื่อง fluorescence detector โดยความยาวคลื่นที่ใช้ในการกระตุ้น (excitation) และปลดปล่อยแสงจากสารตัวอย่าง (emission) คือ 233 และ 284 นาโนเมตรตามลำดับ ใช้สารตัวอย่างในการวิเคราะห์ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นยาฟลอเฟนิคอลในน้ำที่ละลายออกมาจากอาหารเม็ดชนิดต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (one–way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้วิธี Bonferroni ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS Statistics version 27 software (IBM Corporation, Armonk, NY, USA)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความเข้มข้นของยาฟลอเฟนิคอลในน้ำที่ละลายออกจากอาหารเม็ดชนิดต่างๆได้แสดงใน Table 1 และ Fig. 3 และร้อยละการละลายของยาฟลอเฟนิคอลออกจากอาหารเม็ด (หรือร้อยละการสูญเสียตัวยาออกจากอาหารเม็ด) ได้แสดงใน Table 2 โดยกลุ่ม control ที่เวลา 5 นาที พบความเข้มข้นของยาในน้ำสูงถึง 7.11±0.30 ppm มีอัตราการละลายยาสูงถึง 71.14% และเพิ่มขึ้นเป็น 8.48±0.49 ppm มีอัตราการละลายยาอยู่ที่ 84.80% ใน 120 นาที ขณะที่กลุ่ม mixed medicated feed ในเวลา 5 นาที มีความเข้มข้นของยาในน้ำต่ำที่สุดเพียง 0.92±0.06 ppm มีอัตราการละลายยาอยู่ที่ 9.21% และในเวลา 120 นาที มีความเข้มข้นของยาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ 1.23±0.15 ppm มีอัตราการละลายยาอยู่ที่ 12.31% แสดงให้เห็นว่าการผสมยาภายในเม็ดอาหารก่อนผ่านกระบวนการอัดเม็ด ช่วยลดการละลายยาสู่สิ่งแวดล้อมได้ในระยะเวลายาวนาน ซึ่งสอดคล้องกับ Ranjan et al. (2017) สนับสนุนว่าการอัดเม็ดช่วยควบคุมการละลายยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนเพคตินก็สามารถลดการละลายได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน โดยมีความเข้มข้นของยาในน้ำเพียง 1.78±0.10 ppm ใน 5 นาที มีอัตราการละลายยาอยู่ที่ 17.82% และเพิ่มขึ้นเป็น 2.90±0.15 ppm ใน 120 นาที มีอัตราการละลายยาอยู่ที่ 29.05% ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่ม mixed medicated feed สอดคล้องกับ Barreto et al. (2018) ที่พบว่าเพคตินลดการละลายของยาได้ดีกว่า CMC ซึ่งยืนยันถึงความเหมาะสมของเพคตินในฐานะสารเคลือบที่ลดการสูญเสียยาในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนกลุ่ม tuna oil พบความเข้มข้นของยาที่ละลายน้ำใกล้เคียงกับกลุ่ม control โดยที่ 5 นาที พบความเข้มข้นของยาในน้ำอยู่ที่ 6.38±0.12 ppm มีอัตราการละลายยาอยู่ที่ 63.80% และเพิ่มเป็น 7.16±0.35 ppmมีอัตราการละลายยาอยู่ที่ 71.63% ใน 120 นาที แสดงให้เห็นว่าน้ำมันปลาทูน่าช่วยลดการละลายได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สอดคล้องกับ Duis et al. (1995) ศึกษาการละลายของยาปฏิชีวนะ 4 ชนิด จากเม็ดอาหารปลาเคลือบผิวอาหารด้วยน้ำมันและแคลเซียมอัลจิเนต พบว่าอาหารที่เคลือบด้วยน้ำมันมีการสูญเสียของยาในระดับสูง โดยซัลฟาเมทอกซาโซล/

ไตรเมโทพริมมีสูญเสียมากที่สุดถึง 67.3% ที่เวลา 15 นาที อย่างไรก็ตามผลการทดลองดังกล่าวขัดแย้งกับการศึกษาของ Barreto et al. (2018) ที่พบว่าน้ำมันพืชลดการละลายของฟลอเฟนิคอลในน้ำได้ดีที่สุด (7% หลัง 5 นาที) และเพคตินมีประสิทธิภาพรองลงมาส่วน CMC มีการละลายออกมาสูงสุด (60% หลัง 15 นาที)

Table 1 Concentrations of florfenicol in water (ppm) leached from the pellet feeds at different time intervals

Coating materials	Immersion duration				
	5 min	15 min	30 min	60 min	120 min
Control	7.11 ± 0.30[a]	7.35 ± 0.48[a]	7.58 ± 0.37[a]	7.76 ± 0.32[a]	8.48 ± 0.49[a]
Tuna oil	6.38 ± 0.12[b]	6.37 ± 0.12[b]	6.82 ± 0.51[b]	6.88 ± 0.52[b]	7.16 ± 0.35[b]
Pectin	1.78 ± 0.10[c]	2.05 ± 0.09[c]	2.23 ± 0.11[c]	2.54 ± 0.08[c]	2.90 ± 0.15[c]
Mixed medicated feed	0.92 ± 0.06[d]	1.02 ± 0.07[d]	1.08 ± 0.09[d]	1.11 ± 0.06[d]	1.23 ± 0.15[d]

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2 The percentage of florfenicol leached from the pellet feeds at different time intervals

Coating materials	Immersion duration				
	5 min	15 min	30 min	60 min	120 min
Control	71.14 ± 2.95[a]	73.53 ± 4.8[a]	75.78 ± 3.66[a]	77.64 ± 3.19[a]	84.8 ± 4.91[a]
Tuna oil	63.8 ± 1.16[b]	63.74 ± 1.17[b]	68.21 ± 5.07[b]	68.82 ± 5.24[b]	71.63 ± 3.49[b]
Pectin	17.82 ± 0.98[c]	20.49 ± 0.91[c]	22.28 ± 1.05[c]	25.36 ± 1.31[c]	29.05 ± 1.52[c]
Mixed medicated feed	9.21 ± 0.6[d]	10.18 ± 0.67[d]	10.80 ± 0.86[d]	11.05 ± 0.64[d]	12.31 ± 1.47[d]

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

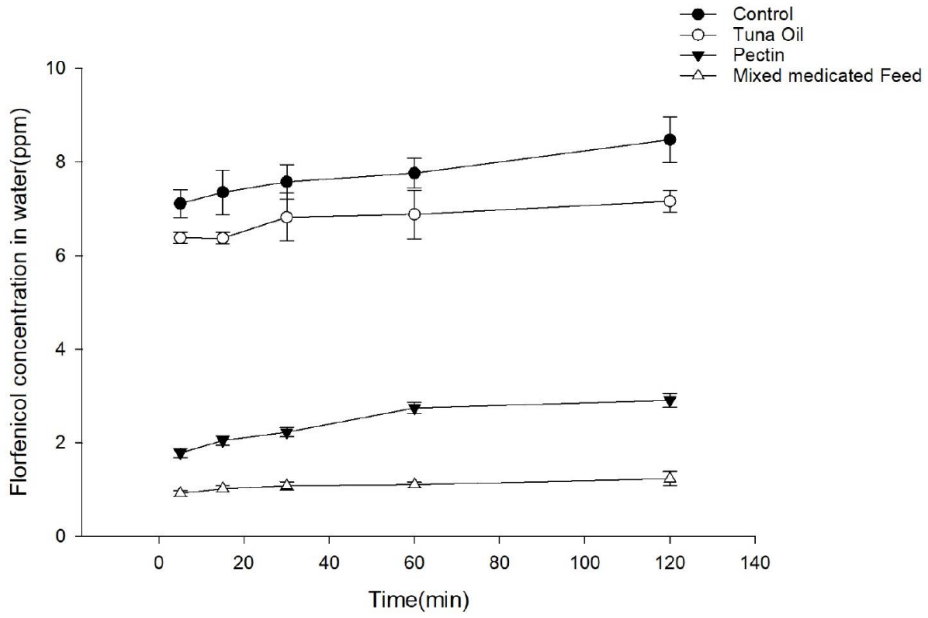


Fig. 3 Concentrations of florfenicol in water (ppm) leached from the pellet feeds at different time intervals

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าระดับความเข้มข้นยาที่ละลายในน้ำระหว่างทั้งสี่กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลา ($p < 0.05$) กลุ่ม control มีความเข้มข้นการละลายของยาในน้ำสูงกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างชัดเจน สอดคล้องกับการศึกษาของ Xu et al. (1994) ได้ทดสอบการละลายของยาออกซีเตตราซัยคลีนในอาหารเม็ด พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้เคลือบมีการสูญเสียของยาในน้ำสูงกว่าทุกกลุ่ม รองลงมาคือกลุ่ม tuna oil ในขณะที่กลุ่ม mixed medicated feed แตกต่างจากทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าการละลายต่ำที่สุดอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นว่าเทคนิคการผสมยาเข้าไปภายในเม็ดอาหารด้วยการอัดเม็ดเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงในการชะลอและควบคุมการละลายของยา การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการผสมยาด้วยวิธีอัดเม็ดในเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการละลายของยาและควบคุมการละลายยาในน้ำ ในขณะที่สารเคลือบชนิดเพคตินมีค่าการละลายใกล้เคียงกับ mixed medicated feed ชี้ให้เห็นว่าสารเคลือบชนิดเพคตินช่วยลดการละลายของยาจากอาหารเม็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการลดการละลายของยาได้ดี ส่วน tuna oil มีประสิทธิภาพต่ำและให้ผลใกล้เคียงกับ control จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เคลือบยาบนเม็ดอาหารสำหรับกุ้ง

สรุป

น้ำมันปลาทูน่ามีประสิทธิภาพเพียงเล็กน้อยในการลดการละลายของยาฟลอเฟนิคอลจากเม็ดอาหาร จึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นสารเคลือบอาหารผสมยาในระบบการเลี้ยงกุ้ง ในขณะที่เพคติน มีศักยภาพสูงในการลดการละลายของยาฟลอเฟนิคอลในอาหารเม็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นสารเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาอาหารผสมยาสำหรับฟาร์มกุ้ง การนำเพคตินมาใช้ในกระบวนการเคลือบอาหารเม็ดจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาโรค ลดการสูญเสียยาในน้ำ และเพิ่มปริมาณยาที่เข้าสู่ตัวกุ้งผ่านการบริโภค นอกจากนี้ ยังช่วยลดต้นทุนการใช้ยาปฏิชีวนะของเกษตรกร และลดการปนเปื้อนของยาปฏิชีวนะในสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งที่ยั่งยืน และสนับสนุนการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพการผลิตในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2556. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2556. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพ.

Barreto, F.M., da Silva, M.R., Braga, P.A.C., Bragotto, A.P.A., Hisano, H., Reyes, F.G.R. 2018. Evaluation of the leaching of florfenicol from coated medicated fish feed into water. Environ. Pollut. 242: 1245–1252.

Duis, K., Inglis, V., Beveridge, M.C.M., Hammer, C. 1995. Leaching of four different antibacterials from oil- and alginate–coated fish-feed pellets. Aquacult. Res. 26: 549–556.

Freitas, L.V.P., Alponti, A.L.B., Damaceno, M.A., Campanharo, S.C., Silva, A.F.B., Sasanya, J.J., Rath, S., Paschoal, J.A.R. 2023. Levamisole incorporation in fish feed–Ensuring the medication dose and avoidance of leaching into the water. Food Addit. Contam. A 40: 1551–1567.

Guo, J., Davis, R., Starkey, C., Davis, D.A. 2021. Efficacy of various coated materials to prevent nutrient leaching for Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) commercial diets. J. World Aquacult. Soc. 52: 1–261. doi.org/10.1111/jwas.12732

Kocira, A., Kozłowicz, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar–Krok, E., Hortyńska, P. 2021. Polysaccharides as edible films and coatings: Characteristics and influence on fruit and vegetable quality–A review. Agronomy 11: 813.

Rairat, T., Kumphaphat, S., Chuchird, N., Srisapoome, P., Phansawat, P., Keetanon, A., Liu, Y.K., Chou, C.C. 2023. Pharmacokinetics, optimal dosages and withdrawal time of florfenicol in Asian seabass (Lates calcarifer) after oral administration via medicated feed. J. Fish Dis. 46: 75–84.

Ranjan, A., Sahu, N.P., Gupta, S., Aklakur, M. 2017. Prospects of medicated feed in aquaculture. Nutr. Food Sci. Int. J. 3: 001–009.

Durborow, R.M., Francis–Floyd, R. 1996. Medicated feed for food fish. SRAC Publ. 473.

Sriamornsak, P. 2003. Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. J. Control. Release 26: 213–220.

Turchini, G.M., Torstensen, B.E., Ng, W.K. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. Rev. Aquacult. 1: 10–57.

Xu, D., Rogers, W.A. 1994. Leaching loss from oxytetracycline medicated feeds. J. Appl. Aquacult. 4: 29–38.

การเสริมยีสต์ในอาหารเลี้ยงที่มีผลต่อปริมาณกรดไขมันในโคพีพอด *Apocyclops royi* (Lindberg, 1940)

Yeast supplementation in the culture medium affects the fatty acid content of copepods *Apocyclops royi* (Lindberg, 1940)

ดวงกมล เสาเกลียว[a], ปวีณา ตปนียวรวงศ์[b], กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์[a,*]

Duangkamon Saokliao[a], Paveena Tapaneeyaworawong[b], Kornrawee Aiemsomboon[a,*]

[a]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[b]ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

[a]Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

[b]National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Pathum Thani 12120, Thailand

*Corresponding author. E-mail: Kornrawee.A@chula.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการเสริมยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ในอาหารเลี้ยงโคพีพอด *Apocyclops royi* ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณกรดไขมันในโคพีพอด โดยเลี้ยงโคพีพอดในขวดแก้วขนาด 2 ลิตร ที่ใส่น้ำทะเลความเค็ม 25 psu เป็นระยะเวลา 14 วัน และให้ชุดอาหารที่แตกต่างกัน ได้แก่ (1) *Tetraselmis suesica*, (2) *Saccharomyces cerevisiae* และ (3) *T. suecica* ให้ร่วมกับ *S. cerevisiae* จากผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของโคพีพอดรวมทั้งระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัยที่มีปริมาณสูงที่สุดได้แก่ ชุดทดลองด้วยอาหาร *T. suesica* รองลงมาเป็นชุดทดลองด้วยอาหารผสมระหว่าง *T. suesica* กับ *S. cerevisiae* และชุดอาหาร *S. cerevisiae* มีค่าเท่ากับ 15,800±1,216, 15,233±3,544 และ 3,333±757 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณกรดไขมัน Docosahexaenoic Acid (DHA) และ Eicosapentaenoic Acid (EPA) มีปริมาณรวมเป็น 0.348, 0.360 และ 0.071 mg/100mg copepod ของชุดอาหารตามลำดับ แต่ในโคพีพอดที่ได้รับ *S. cerevisiae* ไม่พบ EPA แต่ในโคพีพอดที่ได้รับ *T. suecica* ร่วมกับ *S. cerevisiae* จะมี DHA ปริมาณน้อยกว่าโคพีพอดที่ได้รับ *T. suecica* เพียงอย่างเดียว ดังนั้น *S. cerevisiae* สามารถนำมาใช้เสริมกับ *T. suecica* เพื่อเลี้ยงโคพีพอดในช่วงที่มีการขาดแคลนสาหร่ายในการเลี้ยงซึ่งจะทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้

คำสำคัญ: กรดไขมัน, โคพีพอด, ยีสต์

Abstract

This study aimed to investigate the effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplemented diets on the growth and fatty acid composition in *Apocyclops royi*. The copepods were cultured in 2-liter glass bottles filled with seawater at a salinity of 25 PSU. They were fed three food regimes for 14 days including: (1) *Tetraselmis suesica*; (2) *S. cerevisiae*; (3) the combination of *T. suecica* with *S. cerevisiae*. Growth rates and fatty acid compositions in the experimental copepods were determined. The results showed that the density of the copepods fed with *T. suesica*, *S. cerevisiae*, and *T. suecica* combined with *S. cerevisiae* was 15,800±1,216, 15,233±3,544, and 3,333±757 individuals per liter, respectively. Additionally, the essential fatty acid contents, Docosahexaenoic Acid (DHA) and Eicosapentaenoic Acid (EPA) in copepods fed with *T. suesica*, *S. cerevisiae*, and *T. suecica* combined with *S. cerevisiae* have a total amount of 0.348, 0.360, and 0.071 mg/100mg of copepods, respectively. Notably, EPA was not detected in the *S. cerevisiae* treatment. However, copepods fed *T. suecica* with *S. cerevisiae* had lower DHA content than copepods fed *T. suecica*. Therefore, *S. cerevisiae* can be used as a supplement to *T. suecica* to cultivate copepods during algae shortages, which will promote algae growth.

Keywords: *Apocyclops royi*, Brewer's yeast, Copepod, Fatty acid

คำนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจมีปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อน คือ อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและคุณภาพน้ำที่ดี ทั้งนี้การเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อนนิยมให้อาหารมีชีวิต (Live food) เช่น ไรน้ำ อาร์ทีเมีย โรติเฟอร์ และโคพีพอด เนื่องจากมีโภชนาการการสูง สามารถอยู่ในน้ำได้นาน และไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยง (มะลิวัลย์ และคณะ, 2561)โคพีพอดเป็นอาหารมีชีวิตที่สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย มีราคาถูก และมีขนาดเล็กที่นำไปให้เป็นอาหารกับสัตว์น้ำวัยอ่อนได้หลายชนิด โดยมีการใช้จุลสาหร่ายเป็นแหล่งอาหารเลี้ยงโคพีพอด ซึ่งภายในเซลล์สาหร่ายมีองค์ประกอบชีวเคมีที่จำเป็นต่อการเติบโตและอัตราการรอดชีวิตของสัตว์น้ำ ได้แก่ Polyunsaturated fatty acid (PUFA) และ Highly unsaturated fatty acids (HUFA) เป็นต้น อีกทั้งโคพีพอดเป็นแหล่งของ HUFA นั่นคือ Docosahexaenoic Acid (DHA), Eicosapentaenoic Acid (EPA) และ Arachidonic Acid (ARA) (Watanabe et al., 1983) มีโปรตีนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของสัตว์น้ำวัยอ่อน (พงศธร, 2557) การเลี้ยงโคพีพอดจะให้สาหร่ายขนาดเล็กเป็นอาหาร เช่น *Tetraselmis suesica* สามารถเลี้ยงโคพีพอด *Apocyclops royi* ให้มีการเจริญเติบโตดี (ปวีณา และคณะ, 2563) และการให้สาหร่ายแบบผสมเป็นอาหารเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* จะทำให้มีปริมาณไขมันสะสมสูงกว่าการได้รับสาหร่ายเพียงชนิดเดียว (มะลิวัลย์ และคณะ, 2561) สำหรับยีสต์ขนมปัง (*Saccharomyces cerevisiae*) หรือ Brewer's yeast ถูกนำมาใช้เสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากมีโปรตีนโมเลกุลเดี่ยว ไขมัน วิตามิน และมีกรดนิวคลีอิก และ complex carbohydrate ที่ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Gopalakannan and Arul, 2010) และมีการนำยีสต์มาใช้เสริมเป็นอาหารในการเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์ (Rodrigues et al., 2021) ดังนั้น หากใช้ยีสต์เป็นวัตถุดิบเสริมร่วมกับการให้สาหร่ายในการเลี้ยงโคพีพอดก็อาจจะเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับโคพีพอดได้ จึงต้องการทราบผลของการใช้ยีสต์ (*S. cerevisiae*) และสาหร่าย *T. suecica* เป็นอาหารเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณกรดไขมันในโคพีพอดที่ได้รับอาหารที่ต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

โครงการวิจัยดังกล่าวผ่านการพิจารณาและอนุมัติการใช้สัตว์ทดลองจากคณะกรรมการควบคุมดูแลการเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Protocol Review No. 2423005) วางแผนการทดลอง 3 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยใช้โคพีพอด *A. royi* AMBT201601 (Fig.1) ที่เก็บรักษาไว้ที่ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นำโคพีพอดใส่ลงในขวดแก้วขนาด 2 ลิตร ที่ใส่น้ำทะเลความเค็ม 25 ppt โดยเลี้ยงโคพีพอดรวมทุกระยะและมีรายละเอียดชุดทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงโคพีพอด ให้ *T. suecica* เป็นอาหาร (ชุดควบคุม) ความหนาแน่นเซลล์ 150×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงโคพีพอด ให้ยีสต์ (*S. cerevisiae*) ปริมาณ 0.2–0.4 กรัมต่อลิตร เป็นอาหาร

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงโคพีพอด โดยให้ยีสต์ *S. cerevisiae* ปริมาณ 0.2–0.4 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสาหร่าย *T. suecica* เป็นอาหาร (โดย *T. suecica* มีความหนาแน่นเซลล์ 150×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ก่อนจะเติมยีสต์ลงในขวดเลี้ยง)



Fig. 1 *Apocyclops royi* AMBT201601

เตรียมแพลงก์ตอนพืช *T. suecica* มาเลี้ยงในขวดแก้วขนาด 5 ลิตร ใส่น้ำทะเลความเค็ม 25 psu ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โดยเติมอาหารสูตรกิลลาร์ด F/2 (Guillard, 1973) เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่าย และเลี้ยงสาหร่ายในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และให้อากาศ แสงความเข้มประมาณ 5,500 ลักซ์ ตลอดเวลา จน *T. suecica* เพิ่มจำนวนขึ้นจนมีความหนาแน่นเซลล์ประมาณ 150×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จึงนำสาหร่ายไปให้เป็นอาหารแก่โคพีพอด ส่วนยีสต์ขนมปังจะมาแช่น้ำทะเลแล้วกรองผ่านตาข่ายขนาดตา 1 µm ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ เพื่อกระตุ้นให้ยีสต์ทำงานเป็นเวลาอย่างน้อย 38 นาที โดยเมื่อเริ่มการทดลองความหนาแน่นของโคพีพอดยังไม่สูงมากจะใส่ยีสต์ปริมาณ 0.2 g/L และเมื่อโคพีพอดเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นจึงเพิ่มปริมาณยีสต์ขึ้นเป็น 0.4 g/L

เริ่มการทดลอง ใช้ขวดเลี้ยงn 2 ลิตร ใส่สาหร่ายที่เตรียมไว้ และนำหัวเชื้อโคพีพอดมาเติมให้มีความหนาแน่นเริ่มต้นเป็น 500–1,000 ตัวต่อลิตร โดยเลี้ยงอยู่ในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และให้อากาศ แสงความเข้มประมาณ 5,500 ลักซ์ ตลอดเวลา ติดตามการเติบโตของโคพีพอดด้วยการนับจำนวนโคพีพอดทุกวันภายใต้ Compound Microscope ด้วยสไลด์ Sedgwick Rafter และตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียของน้ำทุกวัน และเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 3–4 วัน (30–50%) เพื่อลดปริมาณของเสียในขวดเลี้ยง โดยนำโคพีพอดในขวดเลี้ยงมากรองผ่านผ้ากรองขนาด 33 ไมโครเมตร จากนั้นชะโคพีพอดกลับไปในขวดเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงโคพีพอดของชุดการทดลอง และเติมอาหารลงไปด้วย เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำตัวอย่างโคพีพอดมาล้างด้วย Phosphate buffered saline (PBS) pH 7.4 1X โดยใส่โคพีพอดในบีกเกอร์แล้วเติม PBS ในอัตราส่วน 1:1 แกว่งเบา ๆ แล้วเท PBS ออกให้มากที่สุด ทำซ้ำ 3 ครั้ง และกรองโคพีพอด ออกจาก PBS บนกระดาษกรอง GFC แล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้ง นำไปวิเคราะห์กรดไขมัน (Lipid acid) ด้วยวิธี FAMEs analysis และเครื่อง Gas chromatography (GC) (SHIMADZU GC–2010) ตามวิธีการของ Thongdet et al. (2024) ที่สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* ในชุดอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า ชุดการทดลองที่ให้ *T. suecica* เพียงอย่างเดียว มีความหนาแน่นเริ่มต้นเฉลี่ยของโคพีพอดระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัย เท่ากับ 533±208 และ 133±57 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงโคพีพอดเป็นเวลา 14 วัน จะมีการเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้น มีความหนาแน่นเฉลี่ยของโคพีพอดระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัย เท่ากับ 8,733±1,069 และ 7,066±723 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ (Fig. 2A) ส่วนชุดการทดลองที่ให้ *S. cerevisiae* เพียงอย่างเดียว มีความหนาแน่นเริ่มต้นเฉลี่ยของโคพีพอดระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัย เท่ากับ 733±152 และ 166±208 ตัวต่อลิตร และเมื่อเลี้ยงครบ 14 วัน จะมีความหนาแน่นเฉลี่ยของโคพีพอดระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัย เท่ากับ 1,900±435 และ 1,433±351 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ (Fig. 2B) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ให้ *T. suecica* ร่วมกับ

S. cerevisiae มีความหนาแน่นเริ่มต้นเฉลี่ยของโคพีพอดระยะ นอเพลียสและตัวเต็มวัย เท่ากับ 566±305 และ 266±115 ตัวต่อลิตร และเมื่อเลี้ยงครบ 14 วัน จะมีความหนาแน่นเฉลี่ยของโคพีพอดระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัย เท่ากับ 10,166±3,162 และ 5,066±1,285 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ (Fig. 2C)

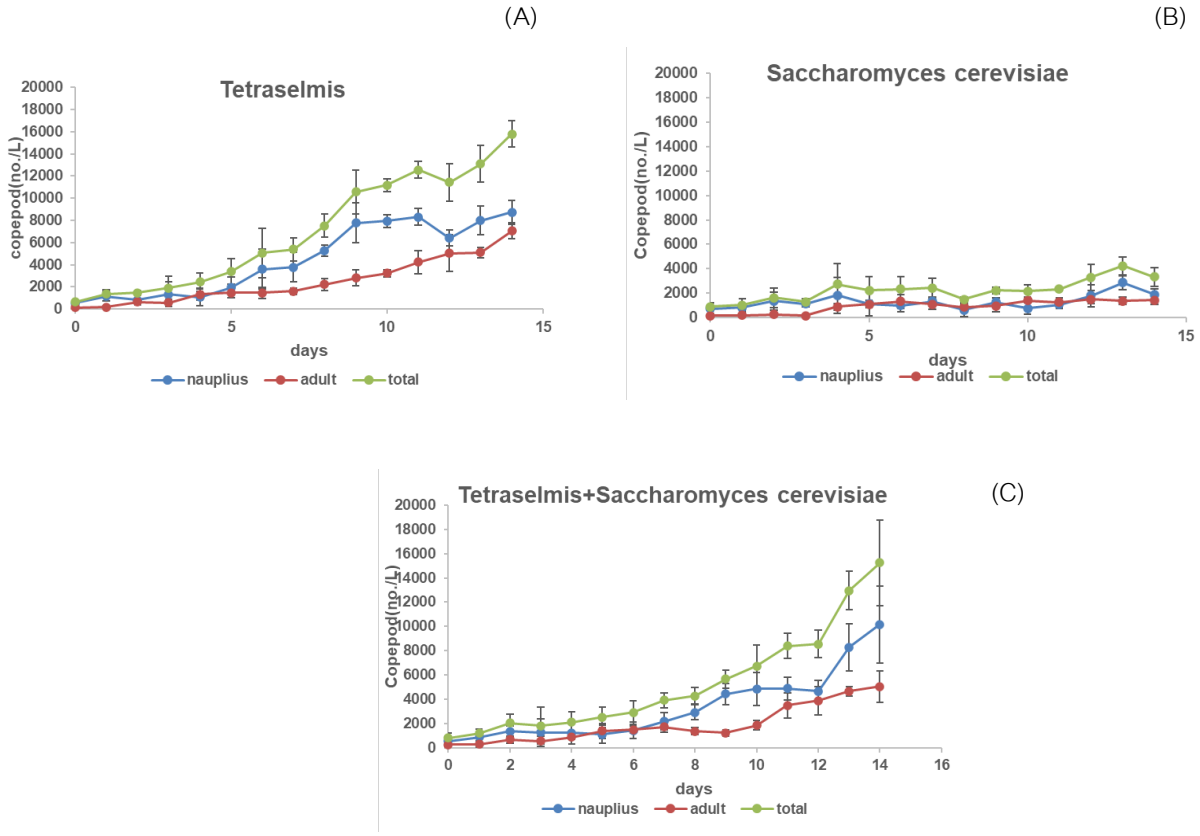


Fig. 2 Density of copepod fed with different diets: *T. suecica* (A); *S. cerevisiae* (B); *T. suecica* + *S. cerevisiae* (C)

เมื่อทดลองเลี้ยงครบ 14 วัน ความหนาแน่นของโคพีพอดจะนับรวมจำนวนโคพีพอดระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัย พบว่าชุดทดลองที่ให้ *T. suecica* เพียงอย่างเดียว มีความหนาแน่นโคพีพอด 15,800±1,216 ตัวต่อลิตร โดยมีจำนวนมากกว่าโคพีพอดในชุดการทดลองที่ให้ *T. suecica* ร่วมกับ *S. cerevisiae* และให้ *S. cerevisiae* เพียงอย่างเดียว โดยมีความหนาแน่นโคพีพอด 15,233±,3544 ตัวต่อลิตร และ 3,333±757 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถสรุปการเจริญเติบโตของโคพีพอด *A. royi* ที่ให้อาหารแตกต่างกันได้ว่า โคพีพอดที่ได้รับ *T. suecica* มีจำนวนโคพีพอดเพิ่มขึ้น 15,134±951 ตัวต่อลิตร, ชุดทดลองที่ให้ *T. suecica* ร่วมกับ *S. cerevisiae* มีจำนวนโคพอดเพิ่มขึ้น 14,401±3,123 ตัวต่อลิตร ซึ่งมากกว่าจำนวนโคพีพอดในชุดให้ *S. cerevisiae* เพียงอย่างเดียว ที่เพิ่มขึ้นเป็น 2,501±337 ตัวต่อลิตร สอดคล้องกับโคพีพอด *A. royi* ที่เลี้ยงด้วย *T. suecica* เพียงชนิดเดียวก็มีการเจริญเติบโตจนมีความหนาแน่นสูงสุดใกล้เคียงกับการเลี้ยงโคพีพอดด้วย *Thalassiosira* sp. และ *T. suecica* และการให้ *S. cerevisiae* เพียงอย่างเดียวนั้นก็ทำให้โคพีพอดมีความหนาแน่นน้อยที่สุดเช่นกัน (ปวีณา และคณะ, 2562) เช่นเดียวกับ การเลี้ยงโคพีพอด *Tisbe monozota* ด้วย Mixed algae (*T. suecicas*, *Chaetoceros muelleri*, *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana*) ร่วมกับ Baker's yeast ทำให้โคพีพอดเพิ่มจำนวนมากกว่าการให้ยีสต์เพียงอย่างเดียว (Farhadian et al., 2008) เนื่องด้วย ยีสต์ไม่มีกรดไขมันจำเป็น เช่น DHA, EPA และ ARA ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของโคพีพอด (Puello–Cruz et al., 2004) การวิเคราะห์

ปริมาณกรดไขมันในโคพีพอด พบว่าปริมาณไขมันในชุดทดลองที่ให้ *T. suecica*, *S. cerevisiae* และ *T. suecica* ร่วมกับ *S. cerevisiae* มีค่าปริมาณไขมันรวม (Total fat) ในช่วง 9.39 ถึง 17.68 mg/100 mg ของน้ำหนักแห้ง (Table 1)

Table 1 Total fat percentage of copepod fed with different diets: *T. suecica*; *S. cerevisiae*; *T. suecica* + *S. cerevisiae (*mg/100 mg copepod dried weight*)*

A. royi fed with	Total fat (% dried weight)
T. suecica	11.07 [a]
S. cerevisiae	17.68 [a]
T. suecica + *S. cerevisiae*	9.39 [a]

Note: In each column, different letters means the values are significantly different at $p < 0.05$

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในโคพีพอดที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน พบว่า ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีปริมาณมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไขมัน EPA และ DHA ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (HUFA) ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มอัตราการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อนจะพบในทั้ง 3 ชุดการทดลอง แต่ใน *S. cerevisiae* จะไม่พบ EPA ซึ่งปริมาณ HUFA มีมากที่สุดในชุด *S. cerevisiae, T. suecica* และ *T.suecica* ร่วมกับ *S. cerevisiae* มีค่าเป็น 0.360, 0.348 และ 0.071 mg./100mg.copepod ตามลำดับ (Table 2) และ (Fig. 3) สอดคล้องกับงานศึกษาของโคพีพอด *A. royi* ที่ได้รับสาหร่าย *T. suecica* ก็จะมีกรดไขมันจำเป็น คือ DHA, EPA และ ARA เพิ่มขึ้นในตัวโคพีพอด (มะลิวัลย์ และคณะ, 2561; ปวีณา และคณะ, 2563) และรายงานของโคพีพอด *Oithona nana* ที่ได้รับ *S. cerevisiae* เป็นอาหาร จะไม่พบ EPA (Magouz et al., 2021) เช่นกัน ซึ่งกรดไขมันใน *S. cerevisiae* จะพบกรดไขมัน 16:1n และ 18:1n9 เป็นหลัก แต่จะไม่มี DHA, EPA และ ARA และไม่มี PUFA (กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน)

การทดลองนี้ พบปริมาณกรดไขมัน HUFA มากที่สุดในชุดการทดลอง *S. cerevisiae*, *T. suecica* และ *T. suecica* ร่วมกับ *S. cerevisiae* ตามลำดับ ถึงแม้ปริมาณกรดไขมันในโคพีพอดที่เลี้ยงด้วย *S. cerevisiae* จะให้ปริมาณกรดไขมัน HUFA สูง แต่เมื่อพิจารณาการเติบโตของโคพีพอดพบว่า มีการเติบโตที่น้อยกว่าการให้สาหร่าย *T. suecica*, *T. suecica* ร่วมกับ *S. cerevisiae* ตามลำดับ อาจเป็นผลจากการเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* ด้วยน้ำทะเลที่มีความเค็ม 25 พีพีที อาจเป็นสภาวะไม่เหมาะสมต่อ *S. cerevisiae* ทำให้โคพีพอดจับกินได้ยาก และมีรายงานว่าโคพีพอดในกลุ่มไซโคลพอยด์และฮาแพคติคอยด์สามารถสังเคราะห์ EPA และ DHA ได้จากกรดไขมันสายสั้น (Desvilettes et al. 1997; Monroig et al. 2013; Rasdi et al. 2016) เช่นเดียวกับ Lee et al. (2006) รายงานว่า ในสาหร่าย *T. suecica* ไม่พบปริมาณ DHA แต่ตรวจพบปริมาณ DHA ในโคพีพอดที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T. suecica* ถึงร้อยละ 0.63 เป็นไปได้ว่าโคพีพอดสามารถสังเคราะห์ DHA ได้จาก ALA จึงน่าสนใจในการนำยีสต์มาทดแทนการใช้สาหร่ายเป็นอาหารในการเลี้ยงโคพีพอด

Table 2 Fatty acid (FA) profile of the A. royi fed with different dites (*T. suecica*; *S. cerevisiae*; *T. suecica* + *S. cerevisiae*). Data are given as mg/100mg. copepod. *(*ND = Not detected)*

Component	Treatment		
	T. suecica	*S. cerevisiae*	*T. suecica* + *S. cerevisiae*
Saturated fatty acids			
14:0 (Myristic acid)	0.882	1.350	0.525
16:0 (Palmitic acid)	0.150	ND	0.056
Monounsaturated fatty acids			
16:1 n-7 (Plamitoleic acid)	ND	0.017	ND
18:1 n-9 (Oleic acid)	0.749	1.531	0.725
18:1 n-7	ND	0.008	0.006
20:1 n-9	0.152	0.595	0.116
22:1 n-11	0.003	0.247	0.023
22:1 n-9	0.004	0.195	0.013
Polyunsaturated fatty acids			
18:4 n-3	ND	0.006	0.006
20:5 n-3 (EPA)	0.033	*ND	0.043
22:5 n-3	0.003	0.142	0.001
22:6 n-3 (DHA)	0.315	0.360	0.028
Saturated fatty acids	1.032	1.35	0.581
Monounsaturated fatty acids	0.908	2.593	0.883
Polyunsaturated fatty acids	0.351	0.508	0.078
HUFA	0.348	0.360	0.071

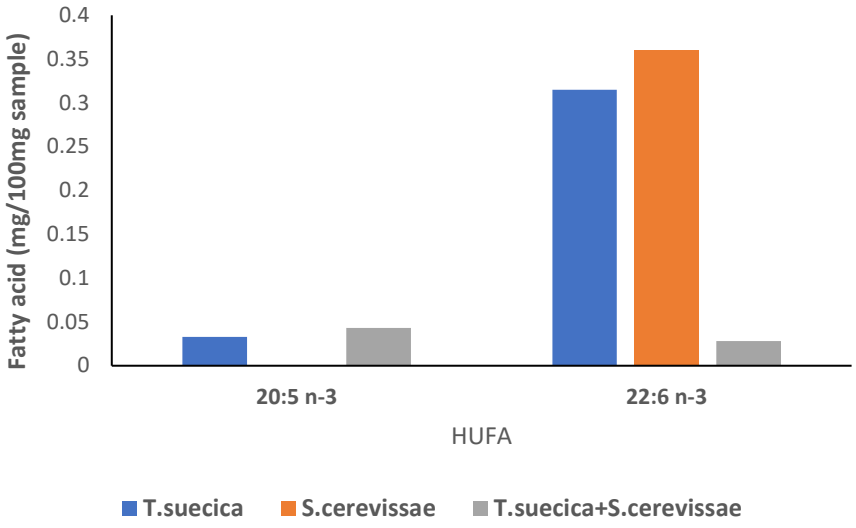


Fig. 3 Fatty acid (mg/ 100mg) (HUFA) of copepod fed with different diets

ทั้งนี้ ปริมาณกรดไขมันในโคพีพอดที่วิเคราะห์ได้อาจมีความแตกต่างกัน เป็นไปได้ว่ามีความแตกต่างของปริมาณน้ำหนักแห้งในตัวอย่างโคพีพอดที่เก็บได้จากการทดลองเลี้ยงแต่ละชุดการทดลอง ทำให้มีผลต่อปริมาณไขมันที่สกัดออกมาซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณกรดไขมันบางชนิดที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณน้อยกว่าปริมาณกรดไขมันในโคพีพอดที่ได้รับ *T. suecica* เป็นอาหาร ที่มีรายงานไว้ก่อนหน้านี้ (มะลิวัลย์ และคณะ, 2561; ปวีณา และคณะ, 2563)

สรุป

การเสริมยีสต์ *S. cerevisiae* ร่วมกับ *T. suecica* ที่ให้เป็นอาหารเลี้ยงโคพีพอด จะทำให้โคพีพอดมีการเจริญเติบโตได้ดีเช่นเดียวกันการให้ *T. suecica* เพียงอย่างเดียว แต่ในโคพีพอดที่ได้รับ *T. suecica* ร่วมกับ *S. cerevisiae* พบว่ามี DHA ปริมาณน้อยกว่าโคพีพอดที่ได้รับ *T. suecica* เพียงอย่างเดียว ดังนั้นการใช้ *S. cerevisiae* สามารถนำมาใช้เสริมกับสาหร่ายเพื่อเลี้ยงโคพีพอดในช่วงที่มีการขาดแคลนสาหร่ายได้ซึ่งช่วยให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้ หรือนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารเสริมสำหรับเลี้ยงโคพีพอดชนิดที่สามารถเลี้ยงที่ความเค็มต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และตัวอย่างโคพีพอดจากศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

ปวีณา ตปนียวรวงศ์, อณินาถ ประสพวงศ์, มะลิวัลย์ คุตะโค, และ สรวิศ เผ่าทองศุข. 2562. การเติบโตของโคพีพอด *Apocyclops royi* (Lindberg, 1940) ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *Tetraselmis suecica* และ *Thalassiosira* sp. ในระบบแบบกึ่งต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง. แก่นเกษตร 47 (ฉบับพิเศษ 1): 305–312.

ปวีณา ตปนียวรวงศ์, อภิญญา อยู่สบาย, ปรารถนา ปานทอง, ปาริชาติ ชุมทอง, จันทร์จรัส วัฒนะโชติ, และมะลิวัลย์ คุตะโค. 2563. องค์ประกอบกรดไขมันของไซโคลพอยด์โคพีพอด *Apocyclops royi* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายชนิดแตกต่างกัน. แก่นเกษตร 48 (ฉบับพิเศษ 1): 101–108.

พงศธร จันทรัตน์. 2557. บทบาทของโคพีพอดเพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน. Khon Kaen Agriculture Journal 19(6): 939–949.

มะลิวัลย์ คุตะโค, ปวีณา ตปนียวรวงศ์, สรวิศ เผ่าทองศุข, และ นภาพร เลียดประถม. 2561. การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและผลผลิตโคพีพอดเพื่อใช้อนุบาลลูกกุ้งขาววัยอ่อน. รายงานการวิจัยมหาลัยบูรพา. https://buuir.buu.ac.th/handle/1234567890/3872

Desvilettes, C., Bourdier, C.G., Breton, J.C. 1997. On the occurrence of a possible bioconversion of linolenic acid into docosahexaenoic acid by the copepod Eucyclops serrulatus fed on microalgae. J. Plankton Res. 19: 273–278.

Farhadian, O., Fatimah, M.Y., Arshad, A. 2008. Population growth and production of Apocyclops dengizicus (Copepoda: Cyclopoida) fed on different diet. J. World Aquacult. Soc. 39: 384–396.

Guillard, R.R.L. 1973. Method for microflagellates and nanoplankton. In: Stein, J.R. (ed). Handbook of Phycological Methods: Culture Methods and Growth Measurements. Cambridge Univ. Press, New York.

Gopalakannan, A., Arul, V. 2010. Enhancement of the innate immune system and disease-resistant activity in Cyprinus carpio by oral administration of β-glucan and whole cell yeast. Aquaculture 41: 884–892.

Lee, K.W., Park, H.G., Lee, S.M., Kang, H.K. 2006. Effects of diets on growth of brackish water cyclopoid copepod Paracyclopina nana Smirnov. Aquaculture 256: 346–353.

Magouz, F.I., Mohamed, A.E., Mustafa, M., Abdallah, T.M., Mohamed, A., Mohamed, A. 2021. Population dynamics, fecundity and fatty acid composition of Oithona nana (Cyclopoida, Copepoda), fed on different diets. Animals 11: 1188. doi: 10.3390/ani11051188.

Monroig, O., Tocher, D.R., Navarro, S.J.C. 2013. Biosynthesis of polyunsaturated fatty acids in marine invertebrates: recent advances in molecular mechanisms. Mar. Drugs 11: 3998–4018.

Puello–Cruz, A.C., González–Rodríguez, B., García-Ortega, A., Gómez, S. 2004. Use of the tropical harpacticoid copepod Tisbe monozota Bowman, 1962 (Copepoda: Harpacticoida: Tisbidae) as live food in marine larviculture. Contrib. Study East Pac. Crustaceans 3: 177–187.

Rasdi, N.W., Qin, J.G., Li, Y. 2016. Effects of dietary microalgae on fatty acids and digestive enzymes in copepod Cyclopina kasignnnete, a potential live food for fish larvae. Aquacult. Res. 47: 3254–3264.

Rodrigues, R.V., Maltez, L.C., Ferreira, C.C., Oliveira, T.P.A.P., Sampaio, L.A., Monserrat, J.M. 2021. ROS in vivo determination and antioxidant responses in rotifers Brachionus plicatilis fed with commercial yeast Saccharomyces cerevisiae or microalgae Nannochloropsis oculata. Aquacult. Int. 29: 1657–1667.

Thongdet, E., Puanglarp, N., Piumsomboon, A., Koeypudsa, W., Bunnajirakul, S., Techa, S., Piyapattanakorn, S., Aiemsomboon, K. 2024. Growth, total lipid content and fatty acid composition of Amphora sp. isolated from Gulf of Thailand as alternative lipid source in larviculture. Agric. Nat. Resour. 58: [in press]. doi: 10.34044/j.anres.2024.58.1.03.

Watanabe, T., Kitajima, C., Fujita, S. 1983. Nutritional profile of live organisms in Japan for mass propagation of fish: a review. Aquaculture 34: 115–143.

การศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นและปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลิงทะเลขาว (*Holothuria scabra*, Jeager 1833) ในคอกธรรมชาติ: กรณีศึกษาบ้านเกาะปู จังหวัดกระบี่

Impact of stocking density and environmental factors on growth and survival of White Sea Cucumber (*Holothuria scabra*, Jeager 1833) in Natural Enclosures: A case study from Koh Poo, Krabi Province

ฤทธิชัย คงสบาย*, วรวิช ป้านนาค, อภิษฎา ทองเปี่ยม, นันทพงศ์ กิมไพ
Rittichai Kongsabai*, Worawit Pannak, Aphitsada Thongpiam, Nantapong Kimpai
สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
Andaman Coastal Research Station for Development, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: rittichai.kon@ku.th

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงปลิงทะเลขาว (*Holothuria scabra*) ในคอกธรรมชาติบริเวณบ้านเกาะปู จังหวัดกระบี่ ระยะเวลา 24 เดือน (ธันวาคม 2565–ธันวาคม 2567) พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 244.91 กรัม เป็น 472.59 กรัม โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (Specific Growth Rate) อยู่ในช่วง 0.098–0.114 กรัม/วัน และอัตราการเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Gain) อยู่ที่ 0.35–0.44 กรัม/วัน อัตราการรอดชีวิตเฉลี่ย 19.16% คอกที่มีความหนาแน่นต่ำ (0.75–1.0 ตัว/ตร.ม.) มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 36.78% ขณะที่ความหนาแน่นสูง (1.75 ตัว/ตร.ม.) มีอัตราการรอดชีวิตเพียง 6.53% คุณภาพสิ่งแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต โดยปริมาณสารอินทรีย์ในดิน (Organic Matter) อยู่ในช่วง 3.24–4.54% ซึ่งสนับสนุนการพัฒนาได้ดีอย่างเหมาะสม น้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดบันทึกในเดือนสิงหาคม 2567 (757.3 กรัม) ก่อนลดลงในเดือนตุลาคม 2567 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับฤดูผสมพันธุ์ ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการความหนาแน่นและปัจจัยสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงในคอกธรรมชาติ, ความหนาแน่น, ปลิงทะเลขาว, สารอินทรีย์ในดิน, อัตราการรอด

Abstract

White sea cucumber (*Holothuria scabra*) aquaculture in natural pens at Ban Koh Pu, Krabi Province, was investigated over 24 months (December 2022–December 2024). Results showed an average weight increase from 244.91 g to 472.59 g, with specific growth rates ranging from 0.098–0.114 g/day and average daily gains of 0.35–0.44 g/day. The mean survival rate was 19.16%, with low stocking densities (0.75–1.0 individuals/m²) achieving the highest survival rate of 36.78%, compared to only 6.53% at higher densities (1.75 individuals/m²). Environmental conditions were favorable, with sediment organic matter ranging from 3.24–4.54%, supporting optimal growth. The highest average weight (757.3 g) was observed in August 2024, followed by a decline in October 2024, potentially linked to the breeding season. These findings emphasize the critical role of commercial stocking density optimization and effective environmental management in enhancing survival rates and promoting the commercial viability of Holothuria scabra aquaculture.

Keywords: Natural pen farming, Organic matter (OM), Stocking density, Survival rate, White sea cucumber

บทนำ

ปลิงทะเลขาว (*Holothuria scabra*, Jeager 1833) หรือที่รู้จักในชื่อ white sea cucumber เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อยู่ในไฟลัม Echinodermata และชั้น Holothuroidea ซึ่งมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศทางทะเล พบแพร่กระจายในเขตอินโด–แปซิฟิก ตั้งแต่แอฟริกาตะวันออกจนถึงมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก (Hamel et al., 2001; Agudo, 2006) ปลิงทะเลขาวทำหน้าที่เป็นตัวกรองธรรมชาติ โดยดูดซับสารอาหารอินทรีย์จากตะกอนดินผ่านระบบทางเดินอาหารและขับถ่ายออกมาเป็นตะกอนที่สะอาด ช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ในดินและรักษาสมดุลของระบบนิเวศ (Choo, 2008; Tehranifard and Rahimibashar, 2012) ปลิงทะเลขาวในธรรมชาติมีอายุขัยเฉลี่ยประมาณ 1–3 ปี แต่ในสภาพแวดล้อมที่มีการดูแลและควบคุมอย่างดี เช่น การเลี้ยงในคอกธรรมชาติและระบบปิดที่มีการควบคุมคุณภาพน้ำและอาหาร ปลิงทะเลขาวสามารถมีอายุยืนยาวได้ถึง 4–5 ปี ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อาหาร สภาพแวดล้อม และการป้องกันจากศัตรู (Jansen and Kusch, 2010; Svoboda and Hvizdák, 2012; Gornall and Webb, 2015; Huang and Liu, 2017) นอกเหนือจากบทบาทด้านนิเวศวิทยาแล้ว ปลิงทะเลขาวยังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากอุดมไปด้วยโปรตีน (มากกว่า 50%) ไขมันต่ำ และมีกรดอะมิโนจำเป็นสูง ทำให้ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมอาหาร ยา ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และอุตสาหกรรมความงาม (Skewes et al., 1998; Hamel et al., 2013) ประเทศจีน ฮ่องกง สิงคโปร์ และเกาหลีใต้เป็นตลาดหลักที่มีความต้องการปลิงทะเลขาวสูง ส่งผลให้เกิดการจับจากธรรมชาติจำนวนมาก ซึ่งนำไปสู่การลดลงของประชากรปลิงทะเลขาวอย่างต่อเนื่องในบางพื้นที่ถึงขั้นใกล้สูญพันธุ์ (Conand, 2007; Hamel et al., 2013) ในประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งอันดามันที่เป็นแหล่งอาศัยสำคัญของปลิงทะเลขาวก็ได้รับผลกระทบจากการลดลงของประชากร (Munprasit, 2008) การเพาะเลี้ยงปลิงทะเลขาวจึงเป็นแนวทางสำคัญในการอนุรักษ์และเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอกับความต้องการ โดยการเลี้ยงปลิงทะเลขาวสามารถทำได้ในระบบที่แตกต่างกัน เช่น การเลี้ยงในคอกธรรมชาติ การเลี้ยงในทะเลเปิด และการเลี้ยงโดยใช้คอกกั้นในทะเล ซึ่งช่วยลดแรงกดดันต่อประชากรธรรมชาติและสร้างรายได้ให้กับชาวบ้านในพื้นที่ชายฝั่ง โดยเฉพาะการเลี้ยงในคอกธรรมชาติในพื้นที่ที่มีระบบนิเวศหญ้าทะเลที่สมบูรณ์ เช่น บ้านเกาะปู ตำบลเกาะศรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ ที่มีศักยภาพสูงในการส่งเสริมการอนุรักษ์และสร้างรายได้ให้ชุมชน (จารุภัทร, 2550) การเพาะเลี้ยงในระบบดังกล่าวไม่เพียงช่วยให้ปลิงทะเลขาวมีอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตที่ดี แต่ยังเป็นแหล่งขยายพันธุ์เพื่อปล่อยกลับคืนสู่ธรรมชาติและเป็นโอกาสในการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน

การศึกษานี้ดำเนินการโดยสถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลิงทะเลขาวในคอกเลี้ยงธรรมชาติ รวมถึงการวิเคราะห์ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น คุณภาพน้ำและดินตะกอนที่ส่งผลต่อการเลี้ยง เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่นำไปสู่การจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืนและการพัฒนาชุมชนให้มีเศรษฐกิจที่มั่นคงในระยะยาว

วิธีดำเนินการ

พื้นที่ทำการศึกษาการเลี้ยงปลิงทะเลขาวบริเวณชุมชนบ้านเกาะปู ตำบลเกาะศรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ การเตรียมคอก โดยจัดสร้างคอกเลี้ยงปลิงทะเลขาวในบริเวณซึ่งเป็นที่ราบน้ำตื้น มีหญ้าทะเลกระจายตัวอยู่ทั่วไป ห่างจากฝั่งประมาณ 300–500 เมตร มีการขึ้นลงของน้ำ 2 ครั้งในรอบวัน เมื่อน้ำขึ้นสูงสุดมีความลึกของน้ำในคอกประมาณ 6 เมตร น้ำลงต่ำสุดน้ำมีความลึกของน้ำในคอกประมาณ 15–30 เซนติเมตร (Fig. 1) ใช้รูปแบบการกั้นคอกสี่เหลี่ยมขนาด 20×20 เมตร แบ่งออกเป็น 3 คอก ทำการศึกษาแบบสุ่มสมบูรณ์ หรือ CRD (completely randomized design) รวบรวมลูกพันธุ์ปลิงทะเลขาว นำมาเลี้ยงในคอกปลิงทะเลขาวที่เตรียมไว้ โดยเลี้ยงที่ความหนาแน่น 700 ตัวต่อคอก เฉลี่ย 1.75 ตัวต่อตารางเมตร โดยทำการวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และจดบันทึก ทำการเลี้ยงปลิงทะเลขาวเป็นเวลา 24 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 โดยทำการสุ่มวัดขนาดและชั่งน้ำหนักทุก ๆ 2 เดือนทำการจดบันทึก เพื่อนำมาศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลิงทะเลขาว และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและน้ำหนักของปลิงทะเลขาว



Fig. 1 The Structure of the enclosure used for sea cucumber *(Holothuria scabra)* farming

จัดหาปลิงทะเลขาวที่มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 200 กรัมต่อตัว โดยการซื้อจากชาวประมงในพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันและพื้นที่ใกล้เคียง คัดเลือกเฉพาะปลิงทะเลขาวที่มีสุขภาพแข็งแรง รวมจำนวนทั้งสิ้น 2,100 ตัว (Fig. 2) จากนั้นนำปลิงทะเลขาวไปเลี้ยงในคอกที่เตรียมไว้ โดยปล่อยให้เติบโตตามธรรมชาติตลอดระยะเวลาการทดลอง ดำเนินการบันทึกน้ำหนักปลิงทะเลขาวในช่วงเริ่มต้น และติดตามการเติบโตทุก 2 เดือน โดยสุ่มวัดขนาดและชั่งน้ำหนักปลิงทะเลขาวจำนวน 50 ตัวต่อคอก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการนับจำนวนปลิงทะเลขาวที่ยังคงเหลือรอด และนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อคำนวณการเติบโต อัตราการเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายของปลิงทะเลขาวในแต่ละคอก



Fig. 2 Experimented white sea cucumber *Holothuria scabra*

การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณหาอัตราการเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) ตามสมการ ดังนี้

$$SGR = \frac{\ln(\frac{W_t}{W_0})}{t_t - t_0} x100 \quad (1)$$

W_0 = Initial weight of the white sea cucumber (grams)
W_t = Final weight of the white sea cucumber (grams)
T_0 = Initial rearing period (days)
T_1 = Final rearing period (days)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily gain, ADG)

$$ADG = \frac{W_t - W_0}{D} \quad (2)$$

W_0 = Initial weight of the white sea cucumber (grams)
W_t = Final weight of the white sea cucumber (grams)
D = Number of rearing days

อัตราการรอดตาย (%)

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \ x \ 100 \quad (3)$$

N_0 = Initial number of white sea cucumbers
N_t = Final number of white sea cucumbers

วิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเล

การตรวจวัดพารามิเตอร์พื้นฐานของน้ำทะเลในภาคสนามทุก 2 เดือน ประกอบด้วย ความลึก (เมตร) วัดด้วย Echo Sounder หรือ Lead Line โดยหย่อนอุปกรณ์ลงไปจนถึงก้นทะเล ความโปร่งแสง (เมตร) วัดด้วยแผ่น Secchi Disk โดยสังเกตระยะที่แผ่นจมหายจากสายตา อุณหภูมิ (°C) วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์สำหรับน้ำทะเลหรือ CTD ความเค็ม (PSU) วัดด้วย Refractometer หรือ CTD ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดด้วย pH meter และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ลิตร) วัดด้วย DO meter การเก็บตัวอย่างน้ำทะเลนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อวัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต ส่วนดินตะกอนเก็บด้วยเครื่องเก็บดิน 1 ซ้ำต่อสถานี รวม 5 สถานี ทุก 2 เดือน โดยเก็บใส่ถุงพลาสติกซิปล็อค แช่เย็นที่ 4 °C เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ (OM) ในห้องปฏิบัติการต่อไป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองการเลี้ยงปลิงทะเลขาวในคอกธรรมชาติที่บ้านเกาะปู จังหวัดกระบี่ เป็นระยะเวลา 24 เดือน (ธันวาคม 2565–ธันวาคม 2567) พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 244.91 กรัม เป็น 472.59 กรัม หรือเฉลี่ย 9.49 กรัม/เดือน โดยมีการเติบโตสูงสุดในเดือนสิงหาคม 2567 (757.3 กรัมในบางคอก) และลดลงในเดือนตุลาคม 2567 ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับฤดูผสมพันธุ์ อัตราการรอดเฉลี่ยอยู่ที่ 19.16% โดยคอกที่มีความหนาแน่นต่ำ (0.75–1.0 ตัว/ตร.ม.) มีอัตราการรอดสูงถึง 36.78% เทียบกับความหนาแน่นสูง (1.75 ตัว/ตร.ม.) ที่มีอัตราการรอดเพียง 6.53% ค่า SGR อยู่ในช่วง 0.098–0.114%/วัน และ ADG 0.35–0.44 กรัม/วัน ซึ่งคอกที่มีความหนาแน่นต่ำแสดงการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ความหนาแน่นสูงส่งผลให้มีการแข่งขันทรัพยากร การสะสมของเสีย และการลดลงของอัตราการรอด การลดความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.75–1.0 ตัว/ตร.ม. จะช่วยเพิ่มอัตราการรอดให้มากกว่า 50% ทั้งนี้ ปัจจัยแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม และออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงเป็นระยะเวลานานอาจทำให้การเติบโตลดลง ดังนั้น การปรับปรุงแนวทางการจัดการ เช่น การลดความหนาแน่นและกำหนดระยะเวลาการเลี้ยงที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนของการเพาะเลี้ยงปลิงทะเลขาว ซึ่งผลการทดลองแสดงยัง ดัง Table 1 และ Table 2

Table 1 Monthly mean weight, body length and body width of white sea cucumber

Month	Case 1			Case 2			Case 3		
	Weight (g.)	Length (cm.)	Width (cm.)	Weight (g.)	Length (cm.)	Width (cm.)	Weight (g.)	Length (cm.)	Width (cm.)
December 2022	236.5	18.3	4.5	247.52	18.2	4.6	250.71	18.0	4.6
March 2023	331.1	19.2	5.5	346.84	19.2	5.4	369.9	19.1	5.6
May 2023	361.2	17.0	5.7	337.4	16.2	5.7	368.8	18.2	6.0
July 2023	433.2	19.2	5.2	429.6	18.4	5.1	503.8	19.7	5.1
September 2023	400.2	19.1	6.5	382.2	18.9	5.7	384	19.9	5.4
November 2023	445.6	19.5	6.0	451.8	19.5	6.1	432.8	20.1	6.2
February 2024	473.2	20.1	6.5	525.2	21.5	6.6	534.5	21.1	6.8
April 2024	410.1	20.7	6.2	582.9	22.9	6.9	572.2	22.3	6.9
June 2024	531.6	26.8	8.8	618.5	27.6	9.2	639.6	28.9	9.7
August 2024	757.3	28.9	10.3	754	27.8	9.0	777.5	28.9	10.6
October 2024	510.48	22.3	6.9	530.22	22.5	7.6	501.00	22.5	8.0
December 2024	497.52	22.2	6.6	506.11	22.7	6.5	578.23	23.4	7.0

Table 2 Monthly mean average of white sea cucumber

Parameters	Case 1	Case 2	Case 3
Average body weight (g.) Avg.	449.00±4.26	476.02±5.68	492.75±5.12
Average body length (cm.) Avg.	21.11±0.21	21.32±0.23	21.89±0.41
Average body width (cm.) Avg.	6.56±0.01	6.55±0.02	6.85±0.03
Average daily gain, ADG (g/day)	0.35±0.16	0.35±0.16	0.44±0.12
Specific growth rate; SGR (g/day)	0.101±0.14	0.098±0.12	0.114±0.11
Survival rate (%)	36.78±32.75	14.16±15.16	6.53±28.32

การศึกษาการเลี้ยงปลิงทะเลขาวในบริเวณเกาะปู ตำบลเกาะศรีบอยา จังหวัดกระบี่ (ธันวาคม 2565–2567) พบว่าปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการเลี้ยงโดยภาพรวม คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ประเภท 3) สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยค่าความลึกของน้ำอยู่ที่ 0.40–3.50 เมตร และความโปร่งแสงที่ 0.70–3.25 เมตร ความเค็ม (28.53–33.42 psu) และอุณหภูมิน้ำ (28.40–31.53°C) อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลิงทะเล ระดับออกซิเจนละลายในน้ำ (5.45–7.26 mg/l) สนับสนุนการเจริญเติบโตของปลิงทะเล ค่าปริมาณแอมโมเนีย (NH_3-N) และไนไตรต์ (NO_2^--N) อยู่ในระดับต่ำ (11.45–62.26 µg/l, 0.00–4.27 µg/l) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ขณะที่ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน (OM) อยู่ที่ 3.24–4.54% แสดงถึงความสมบูรณ์ของพื้นที่เลี้ยง จากผลการทดลอง พบว่าสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ดังกล่าวเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลิงทะเลขาว และสามารถปรับปรุงการจัดการในอนาคตเพื่อเพิ่มอัตราการรอดและการเจริญเติบโตของปลิงทะเลในบริเวณพื้นที่ที่ทำการเลี้ยงปลิงทะเลขาวบริเวณเกาะปู ซึ่งได้ผลการทดลองดัง Table 3

Table 3 Water and sediment qualities at white sea cucumber aquaculture and sea-ranching.

Parameters	Unit	Min-Max
Depth	Meter	0.40–3.50
Transparency	Meter	0.70–3.25
Salinity	psu	28.53–33.42
Water temperature	°C	28.40–31.53
Dissolved oxygen	mg/l	5.45–7.26
NH_3-N	µg/l	11.45–62.26
NO_2^--N	µg/l	0.00–4.27
NO_3^--N	µg/l	31.03–38.63
PO_4^{3-}-P	µg/l	0.00–6.45
Organic matter; OM	%	3.24–4.54

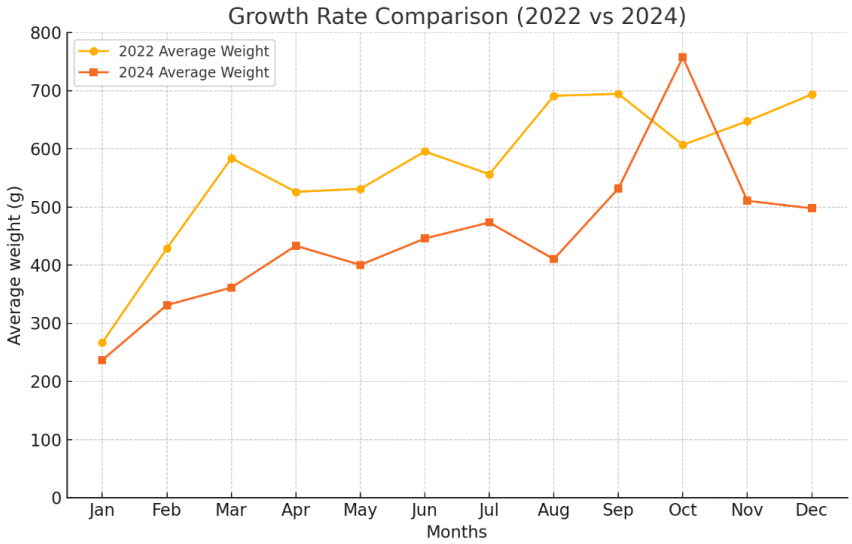


Fig. 3 Comparison of monthly mean body weight of white sea cucumber during 2022 and 2024

จากกราฟ (Fig. 3) มีการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลิงทะเลระหว่างปี 2022 และปี 2024 ดังนี้ ปี 2022 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นในเดือนมกราคมอยู่ที่ประมาณ 200 กรัม และเพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกเดือนน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดในเดือนธันวาคมที่ 694 กรัม กราฟแสดงการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างคงที่ โดยมีความชันสูงในช่วงต้นปีและรักษาการเติบโตต่อเนื่องจนถึงสิ้นปี ปี 2024 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นในเดือนมกราคมอยู่ที่ประมาณ 250 กรัม และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนสิงหาคมที่มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดที่ 757 กรัม หลังจากเดือนสิงหาคม น้ำหนักเฉลี่ยลดลง โดยเฉพาะในเดือนตุลาคม (ประมาณ 450 กรัม) และกลับมาเพิ่มขึ้นในเดือนธันวาคม แต่ยังอยู่ที่ระดับประมาณ 500 กรัม กราฟแสดงความผันแปรที่ชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงหลังของปี เปรียบเทียบ ปี 2022 แสดงการเติบโตที่คงที่และไม่มีการลดลงของน้ำหนักในเดือนใด ปี 2024 แม้ว่าจะมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดในเดือนสิงหาคม (757 กรัม) ซึ่งมากกว่าปี 2022 แต่ยังมีการลดลงอย่างมากในเดือนตุลาคม (ลดลงประมาณ 307 กรัม จากเดือนสิงหาคม) น้ำหนักเฉลี่ยในเดือนธันวาคม 2024 (ประมาณ 500 กรัม) ต่ำกว่าปี 2022 ที่ 694 กรัม การลดลงของน้ำหนักในปี 2024 อาจเกี่ยวข้องกับ ฤดูผสมพันธุ์ หรือ ความหนาแน่นของประชากรที่สูงขึ้น ซึ่งควรมีการวิเคราะห์เพิ่มเติม การรักษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (คุณภาพน้ำ ความหนาแน่น ความสมบูรณ์ของอาหาร) เป็นสิ่งสำคัญเพื่อป้องกันความแปรปรวนของการเจริญเติบโต ควรมีการเก็บข้อมูลระยะยาวและเปรียบเทียบตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจัดการระบบนิเวศ ข้อมูลดังกล่าวเน้นถึงความสำคัญของการวางแผนเลี้ยงปลิงทะเลให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สม่ำเสมอและลดผลกระทบจากปัจจัยภายนอกสิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจัดการระบบนิเวศ ข้อมูลดังกล่าวเน้นถึงความสำคัญของการวางแผนเลี้ยงปลิงทะเลให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สม่ำเสมอและลดผลกระทบจากปัจจัยภายนอก

การศึกษาการเลี้ยงปลิงทะเลขาวในคอกธรรมชาติที่เกาะปู จังหวัดกระบี่ (ระยะเวลา 24 เดือน ตั้งแต่ธันวาคม 2565 ถึงธันวาคม 2567) พบว่า ความหนาแน่นในการเลี้ยงส่งผลต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเลี้ยงที่ความหนาแน่น 1.75 ตัว/ตร.ม. ส่งผลให้อัตราการรอดต่ำเพียง 19.16% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะวัฒน์และคณะ (2565) ที่ใช้ความหนาแน่น 0.75 ตัว/ตร.ม. และพบว่าอัตราการรอดสูงถึง 50.78% นอกจากนี้ งานวิจัยของ Ivy และ Giraspy (2006) ได้แนะนำว่า ความหนาแน่นในการเลี้ยงไม่ควรเกิน 1.0 ตัว/ตร.ม. เนื่องจากความหนาแน่นที่สูงเกินไปอาจทำให้ปลิงทะเลเกิดความเครียด ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการรอดตาย ข้อมูลจากงานวิจัยของ Purcell et al. (2012) ระบุว่า ความหนาแน่นที่ 0.8 ตัว/ตร.ม. ช่วยให้ค่า SGR อยู่ที่ 0.12–0.15 กรัม/วัน ซึ่งใกล้เคียงกับค่า SGR ในงานปัจจุบันที่มีค่าระหว่าง 0.098–0.114 กรัม/วัน แต่พบว่า ค่า ADG ในงานปัจจุบัน (0.35–0.44 กรัม/วัน) ต่ำกว่าในงานศึกษาของปิยะวัฒน์และคณะ (2565) ที่มีค่า ADG เฉลี่ย 0.61 กรัม/วัน ซึ่งอาจสะท้อนถึงผลกระทบจากความหนาแน่นที่สูงและการจำกัดทรัพยากรอาหารที่มีให้

การศึกษาระยะเวลาในการเลี้ยงที่ยาวนานถึง 24 เดือนในงานนี้อาจเป็นปัจจัยที่ทำให้มีการลดลงของอัตราการรอด โดยการศึกษาของ Strehlow (2004) แนะนำว่า ระยะเวลาเลี้ยงที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 12–18 เดือน เนื่องจากการเลี้ยงเกินระยะเวลาดังกล่าวอาจส่งผลให้ปลิงทะเลตายตามอายุขัยหรือเกิดความเครียดสะสม การศึกษาของ Skewes et al. (1998) ยืนยันว่า อายุขัยของปลิงทะเลในคอกเลี้ยงโดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 18 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับข้อแนะนำในการจำกัดระยะเวลาเลี้ยงเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการตายตามอายุขัย ในส่วนของคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่ใช้ในงานนี้พบว่าค่าปริมาณสารอินทรีย์ (OM) ในดินตะกอนอยู่ในช่วง 3.24–4.54% ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับงานวิจัยของ Purcell et al. (2012) ที่ระบุว่าค่าของ OM ในช่วง 2.5–5.0% ช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโตของปลิงทะเล งานวิจัยของ Hamel et al. (2013) แนะนำว่า ควรเพิ่มสารอาหารที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต แต่ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการสะสมในน้ำซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน นอกจากนี้ คุณภาพน้ำในการศึกษานี้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยค่า pH อยู่ในช่วง 7.5–8.2 และอุณหภูมิของน้ำในช่วง 28–30 °C ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลิงทะเล การควบคุมอุณหภูมิและระดับออกซิเจนที่เหมาะสมในน้ำช่วยลดความเครียดในปลิงทะเลและสนับสนุนการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Conand (1993) ที่กล่าวว่า ออกซิเจนในน้ำที่มีความเข้มข้นสูงจะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของปลิงทะเลอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

แนวโน้มการเจริญเติบโตของปลิงทะเลขาวในคอกธรรมชาติบริเวณเกาะปู จังหวัดกระบี่ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 244.91 กรัม เป็น 472.59 กรัม ในช่วง 24 เดือน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 9.49 กรัม/เดือน และอัตราการรอดเฉลี่ย 19.16% ความหนาแน่นที่ 1.75 ตัว/ตร.ม. ส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลงเมื่อเทียบกับช่วงที่เหมาะสม 0.75–1.0 ตัว/ตร.ม. ข้อเสนอแนะ ได้แก่ การปรับความหนาแน่นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม การกำหนดระยะเวลาการเลี้ยงไม่เกิน 18 เดือน การติดตามคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ การเสริมอาหารและปรับปรุงสภาพแวดล้อม และการศึกษาฤดูผสมพันธุ์เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยง

เอกสารอ้างอิง

จารุภัทร วงศ์จักร. 2550. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกินอาหารของปลิงทะเลชนิด *Holothuria leucospilota*: ชนิดตะกอนดิน. โครงการครุวิจัย-วิทยาศาสตร์ทางทะเล. โรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์, ลำพูน. 31 หน้า.

ปิยะวัฒน์ พรหมรักษา, กนกวรรณ ขาวด่อน, สาโรจน์ เริ่มดำริห์, กิตติพิศ คุ้มรักษา, นัทธพงศ์ ชุมเชื้อ. 2565. การเลี้ยงปลิงทะเลขาว (*Holothuria scabra*) ในแหล่งเลี้ยงธรรมชาติบริเวณบ้านเกาะปู ตำบลเกาะศรีบอยา จังหวัดกระบี่. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 61 สาขาประมง, 405–412.

Agudo, J. 2006. Sea cucumber stock enhancement in the Indo-Pacific region. FAO Fish. Tech. Pap.

Choo, P.S. 2008. Sea cucumber fisheries and trade in the Asia-Pacific region. Fish. Aquacult. Tech. Pap., FAO.

Conand, C. 1993. Environmental factors affecting the growth of sea cucumbers. Mar. Ecol. Prog. Ser. 98: 95–106.

Conand, C. 2007. Overfishing of sea cucumber species and conservation efforts. Oceanogr. J. 60: 142–155.

Gornall, J.L., Webb, P. 2015. Longevity and growth of sea cucumbers in controlled aquaculture systems. J. Aquat. Biol. 42: 199–207.

Hamel, J.F., Conand, C., Gounalakis, D. 2001. Reproductive biology of sea cucumbers (Holothuria spp.) in the Indo-Pacific region. Mar. Biol. 148: 1219–1233.

Hamel, J.F., Conand, C., Gounalakis, D. 2013. Nutrient supplementation and growth of sea cucumbers in aquaculture systems. J. Aquat. Sci. 46: 150–160.

Huang, H., Liu, J. 2017. Aquaculture of sea cucumber (Holothuria scabra): Production and management practices. Aquaculture 465: 122–131.

Ivy, P., Giraspy, A. 2006. Optimal stocking density for sea cucumber farming. Aquacult. Sci. 21: 255–263.

Jansen, J.C., Kusch, S. 2010. The role of environmental conditions in the life history of Holothuria scabra. Mar. Environ. Res. 69: 166–172.

Munprasit, N. 2008. Population decline of Holothuria scabra in Andaman Sea and conservation efforts. Fish. Sci. Bull. 32: 57–63.

Purcell, S.W., et al. 2012. Effect of stocking density on growth and survival of Holothuria scabra in aquaculture systems. Mar. Biol. 159: 1495–1507.

Skewes, T., McLeod, I., Gray, D. 1998. The economic value of sea cucumber fisheries in the Indo–Pacific region. Asian Fish. Sci. 11: 285–300.

Skewes, T., McLeod, I., Gray, D. 1998. Age and life cycle of sea cucumbers in controlled aquaculture systems. Fish. Aquacult. Rep. 5: 114–120.

Svoboda, M., Hvizdák, S. 2012. Sea cucumber farming: Growth and environmental factors. Aquacult. Rep. 2: 1–12.

Strehlow, A. 2004. Impact of rearing duration on the growth and survival of Holothuria species in aquaculture. Fish. Res. 32: 72–81.

Tehranifard, M., Rahimibashar, M. 2012. Role of holothurians in sediment bioturbation in marine ecosystems. Environ. Biol. Fishes 93: 489–499.

สาขาส่งเสริมการเกษตร และคหกรรมศาสตร์

(Subject: Agricultural Extension and Home Economics)

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

ปัญหาและความต้องการของเกษตรกรในการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดกระบี่

Problems and needs for supporting in durian production according to the standards of Good Agricultural Practices of farmers in Krabi Province

ภัทรานิษฐ์ กล่อมมณี[a], **วนาลัย วิริยะสุธี**[b], **สุชาติ แสนพิช**[c], **ธำรงเจต พัฒมุข**[b,*]

Patranit Klommanee[a], Wanalai Viriyasuthee[b], Suchart Saenpich[c], Thamrongjet Puttamuk[b,*]

[a]วิชาเอกการจัดการทรัพยากรเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

[b]วิชาเอกการจัดการการผลิตพืช แขนงวิชาการจัดการการเกษตร และ ศูนย์การเรียนรู้วิชาการเกษตรในเมือง สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

[c]แขนงวิชาสารสนเทศศาสตร์ สาขาวิชาศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี 11120

[a]Major of Agricultural Resources Management, School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand

[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, Thailand

[c]Department of Information Science, School of Liberal Arts, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: Thamrongjet.put@stou.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม สภาพการผลิตทุเรียนของเกษตรกร (2) ความรู้เกี่ยวกับการผลิตทุเรียนภายใต้มาตรฐาน GAP และคุณภาพทุเรียนส่งออก (3) ปัญหาอุปสรรคและความต้องการในการผลิตทุเรียนของเกษตรกร เครื่องมือในการศึกษาใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างที่มีทั้งคำถามแบบปลายปิดและปลายเปิด และแบบทดสอบความรู้ โดยเก็บข้อมูลจากประชากร จำนวน 53 ราย ซึ่งเป็นเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนที่เป็นสมาชิกแปลงใหญ่ในจังหวัดกระบี่ของกรมส่งเสริมการเกษตร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาพบว่า (1) เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงอายุมากกว่า 60 ปี มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนช่วง 5-10 ปี เกษตรกรปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ร้อยละ 85.50 ในรูปแบบการปลูกแบบเชิงเดี่ยว โดยมีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 9.09 ไร่ มีต้นทุนเฉลี่ย 20,945 บาทต่อไร่ต่อปี ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 740 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (2) เกษตรกรมีความรู้ในการปฏิบัติการดูแลรักษา การป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูทุเรียนให้สอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐาน GAP และมาตรฐานสินค้าเกษตร อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลางและระดับดีมาก ร้อยละ 30.19 และร้อยละ 28.30 ตามลำดับ (3) การผลิตทุเรียนตามมาตรฐานของเกษตรกรพบว่า ปัญหาสำคัญคือปัจจัยการผลิตมีราคาสูง การบันทึกข้อมูล และการป้องกันการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช และพบว่า เกษตรกรมีความต้องการสนับสนุนความรู้ในด้านการผลิต ระดับมาก ($\mu = 3.64 \pm 0.95$) ด้านความรู้ในการปฏิบัติตามข้อกำหนดมาตรฐาน GAP ด้านการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยว ($\mu = 3.43 \pm 1.01$) และการบันทึกข้อมูล ($\mu = 3.77 \pm 0.89$) และมีความต้องการรูปแบบตรวจประเมินโดยหน่วยงานรัฐ ($\mu = 3.87 \pm 0.71$) และผ่านแพลทฟอร์มออนไลน์ ($\mu = 3.81 \pm 0.94$) อยู่ในเกณฑ์ระดับมาก

คำสำคัญ: การผลิตทุเรียน, คุณภาพทุเรียนส่งออก, มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

Abstract

This research aims to study 1) basic personal, social, and economic conditions of farmers, 2) knowledge about durian production under GAP standards and durian export quality, and 3) problems, obstacles and requirements for supporting durian production. The study tool was a structured interview and a knowledge test. The data were collected from 53 farmers who were participating in the collaborative farming of the Department of Agricultural Extension in Krabi Province. Data were analyzed by descriptive statistics. The results of the study found that (1) most farmers were female, aged over 60 years old, and with 5-10 years of experience in durian cultivation. 85.50% of farmers grew Mon Thong Durian in a monoculture cropping with an average planting area of 9.09 rais. The average cost was 20,945 baht/rai/year, with an average yield of 740 kilograms/rai/year. The important problems of durian production were the high cost of production factors, the recording of durian production data, and the prevention of disease and pest outbreaks. Farmers had knowledge in the planting, prevention and control of durian diseases and pests in accordance with the requirements of Good Agricultural Practices (GAP) and agricultural product standards at a moderate and very good level, 30.19% and 28.30%, respectively. The need of farmers for knowledge support in the durian production ($\mu = 3.64 \pm 0.95$), knowledge in compliance with GAP standards, pre-harvest management ($\mu = 3.43 \pm 1.01$), and data recording ($\mu = 3.77 \pm 0.89$), and a high-level need for assessment forms by government agencies ($\mu = 3.87 \pm 0.71$) and via online platforms ($\mu = 3.81 \pm 0.94$).

Keywords: Durian export quality, Durian production, Good Agriculture Practices

คำนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* Murray) อยู่ในวงศ์ Bombacaceae จัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญที่สร้างมูลค่าส่งออกให้สินค้าเกษตรของประเทศไทย ปัจจุบันมีการบริโภคทุเรียนเพิ่มมากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งการขยายตัวของตลาดนำเข้าและมีปริมาณการส่งออกทุเรียนไปยังต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศจีน ในปี 2566 มีปริมาณการส่งออกทุเรียนสด 991,547 ตัน คิดเป็นมูลค่า 141,043 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2565 มีปริมาณการส่งออก 827,219 ตัน คิดเป็นมูลค่า 110,146 ล้านบาท หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.86 และร้อยละ 28.05 ตามลำดับ ซึ่งส่งผลต่อการปรับตัวของราคาทุเรียนทั้งในตลาดต่างประเทศออกและภายในประเทศที่สร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรในการขยายพื้นที่การเพาะปลูก พบว่ามีการปรับเปลี่ยนมาปลูกทุเรียนเพิ่มขึ้นโดยในปี 2562 มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 752,135 ไร่ ผลผลิต 1,057,332 ตัน เพิ่มขึ้นเป็น 1,057,574 ไร่ และมีผลผลิต 1,476,174 ตัน ในปี 2566 คิดเป็นร้อยละ 8.87 และ 8.36 ตามลำดับ การส่งออกทุเรียนสดส่วนใหญ่มีประเทศจีนเป็นตลาดนำเข้าสินค้าหลัก ในปี 2566 ปริมาณการนำเข้า 953,763 ตัน คิดเป็นร้อยละ 96.19 ของปริมาณการส่งออกทุเรียนสดทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567)

จังหวัดกระบี่เป็นแหล่งปลูกทุเรียนสำคัญในพื้นที่ภาคใต้ตอนบนและได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) มีพื้นที่ปลูกทุเรียน 6,615 ไร่ พื้นที่ให้ผลผลิต 3,513 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเกษตรกรในจังหวัดกระบี่ มีแนวโน้มปลูกทุเรียนเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการผลิตทุเรียนส่งออก จึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนรวมกลุ่มเป็นแปลงใหญ่ทุเรียน (กฤษณะ, 2564) เพื่อลดต้นทุนการผลิตและยกระดับคุณภาพสินค้า ทั้งนี้ จากการสำรวจพบว่า เกษตรกรมีปัญหาในการผลิตทุเรียนหลายด้าน เช่น ผลผลิตทุเรียนไม่มีคุณภาพ การตรวจสอบย้อนกลับการใช้สารเคมีเกินมาตรฐานของประเทศคู่ค้ากำหนด การไม่ได้การรับรองมาตรฐาน GAP และขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติตามข้อกำหนดของมาตรฐานส่งออก ทำให้ผลผลิตไม่ตรงต่อความต้องการของตลาดและประเทศคู่ค้า (สุนิสา และคณะ, 2565)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร การผลิตทุเรียน ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตทุเรียนภายใต้มาตรฐาน GAP และคุณภาพทุเรียนส่งออก ปัญหาอุปสรรคและความต้องการการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดกระบี่ เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจการผลิตทุเรียน สอดคล้องตามมาตรฐานและข้อกำหนดในการผลิตทุเรียนคุณภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยเรื่องปัญหาและความต้องการของเกษตรกรในการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดกระบี่ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) โดยมีรายละเอียดวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

ประชากรในการวิจัย

เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในพื้นที่จังหวัดกระบี่ โดยศึกษาจากประชากรสุ่มแบบเฉพาะเจาะจงจากเกษตรกรที่เป็นสมาชิกแปลงใหญ่ทุเรียนปี พ.ศ. 2562 และปี พ.ศ. 2563 ของกรมส่งเสริมการเกษตร (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) จำนวน 53 ราย โดยศึกษาจากประชากรทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และแบบทดสอบความรู้ โดยแบบสัมภาษณ์มีทั้งคำถามแบบปลายปิดและปลายเปิด แบ่งออกเป็น 5 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นแรงงานภาคการเกษตร การเป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกร การรับรู้แหล่งข้อมูลด้านการผลิตทุเรียน การถือครองพื้นที่และแหล่งเงินทุนในการผลิต ตอนที่ 2 สภาพการผลิตทุเรียนของเกษตรกร ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ปลูก พันธุ์ทุเรียน แหล่งที่มาของพันธุ์ ระยะปลูก รูปแบบการปลูก แหล่งน้ำที่ใช้ในระบบการผลิตทุเรียน ต้นทุนการผลิต รายได้ แหล่งจำหน่าย และสถานะการรับรองแหล่งผลิตพืชตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ตอนที่ 3 ปัญหาอุปสรรคด้านการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดกระบี่ แบ่งออกเป็น 4 ประเด็น คือ (1) ปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคม, (2) ปัญหาด้านการปฏิบัติให้สอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐาน GAP, (3) ปัญหาด้านสภาพแวดล้อมและภัยธรรมชาติ, และ (4) ปัญหาด้านการขอรับรองแหล่งผลิตพืชตามมาตรฐาน GAP ตอนที่ 4 ความรู้เกี่ยวกับการผลิตทุเรียนภายใต้มาตรฐาน GAP และคุณภาพทุเรียนส่งออก ใช้แบบทดสอบความรู้เป็นคำถามแบบเลือกตอบ จำนวน 15 ข้อ ประเด็นคำถาม ประกอบด้วย ความรู้ความเข้าใจในข้อกำหนดของมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร (GAP) การปลูก การดูแลรักษา การป้องกันกำจัดโรคและแมลง ตลอดจนความรู้เกี่ยวกับคุณภาพทุเรียนตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.3-2567) ซึ่งประเด็นคำถามดัดแปลงมาจากการจัดการทุเรียนเพื่อการส่งออกตลอดห่วงโซ่อุปทาน (กรมวิชาการเกษตร, 2567) และตอนที่ 5 ความต้องการของเกษตรกรในการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียน แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น คือ 1) ความต้องการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียน ประกอบด้วย องค์ความรู้ด้านการผลิตและการจัดการภายในแปลง การป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช การลดต้นทุนการผลิต การจำหน่ายผลผลิต องค์ความรู้เกี่ยวกับข้อกำหนดตามมาตรฐาน GAP การขอรับรองเป็นแหล่งพืชตามมาตรฐาน และแปลงสาธิตการผลิตทุเรียน 2) ความต้องการสนับสนุนเกี่ยวกับข้อกำหนดตามมาตรฐาน GAP และ 3) ความต้องการด้านรูปแบบการตรวจประเมิน ผู้วิจัยได้นำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองสัมภาษณ์ประชากรเกษตรกรสมาชิกแปลงใหญ่ทุเรียนในอำเภอเมืองกระบี่ที่มีการปลูกทุเรียนและไม่ใช่ประชากรที่ศึกษา จำนวน 30 ราย แล้วนำผลที่ได้ในส่วนของปัญหาอุปสรรคด้านการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดกระบี่ มาหาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้วิธีของครอนบาคอัลฟา (Cronbach's alpha) (สุวิมล, 2555) ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.91 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยประสานงานกับนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรประจำตำบล เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบงานโครงการระบบส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่ และประธานกลุ่มแปลงใหญ่ทุเรียน เพื่อชี้แจงรายละเอียดและการวิจัย และขอความร่วมมือในการนัดหมายเกษตรกรเพื่อเก็บข้อมูล ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลในพื้นที่ 2 อำเภอ จาก 8 อำเภอในจังหวัดกระบี่ ได้แก่ อำเภอปลายพระยา และอำเภอเขาพนม ซึ่งเกษตรกรเป็นสมาชิกในกลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ทุเรียนของกรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 53 ราย โดยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม ถึงวันที่ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2567

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อมูลด้านความรู้ของเกษตรกรประกอบด้วย 1 หัวข้อ คือ ความรู้เกี่ยวกับการจัดการกระบวนการผลิต

ทุเรียนภายใต้ระบบการจัดการคุณภาพ GAP และคุณภาพทุเรียนส่งออก โดยให้คะแนนข้อที่ตอบถูก เท่ากับ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบ 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 ระดับความรู้ปานกลาง (4) ร้อยละ 50–59 หมายถึง ระดับความรู้น้อย (5) ร้อยละ ≤ 50 หมายถึง ระดับความรู้น้อยมาก ความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัญหาและอุปสรรคในการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ผู้วิจัยใช้แบบประเมินค่า (rating scale) ของ Likert แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ 5 = สำคัญมากที่สุด/ต้องการมากที่สุด 4 = สำคัญมาก/ต้องการมาก 3 = สำคัญปานกลาง/ต้องการปานกลาง 2 = สำคัญน้อย/ ต้องการน้อย 1 = สำคัญน้อยที่สุด/ต้องการน้อยที่สุด 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

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร

เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนที่เป็นสมาชิกแปลงใหญ่ เป็นเพศหญิง ร้อยละ 52.80 เพศชาย ร้อยละ 47.20 อายุมากกว่า 60 ปี ร้อยละ 43.40 เกษตรกรมีการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 47.20 มีจำนวนแรงงานภาคการเกษตรในครัวเรือน 2-3 คน ร้อยละ 71.70 เกษตรกรไม่มีตำแหน่งทางสังคม ร้อยละ 79.20 โดยเกษตรกรทุกรายเป็นสมาชิกแปลงใหญ่ ร้อยละ 100.00 และเป็นลูกค้าธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ร้อยละ 33.30 เกษตรกรมีหนี้สินน้อยกว่า 50,000 บาท ร้อยละ 32.10 เกษตรกรมีรายได้ในครัวเรือนเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 100,000–300,000 บาท ร้อยละ 35.80 เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้แหล่งเงินทุนของตนเองในการปลูกทุเรียน ร้อยละ 73.10 และกู้ยืมจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ร้อยละ 26.90

สภาพการผลิตทุเรียนของเกษตรกร

จากข้อมูลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนอยู่ในช่วง 5–10 ปี ร้อยละ 71.70 เกษตรกรทั้งหมดมีพื้นที่ถือครองเป็นของตนเอง มีพื้นที่ปลูกทุเรียนเฉลี่ย 9.09 ไร่ จำนวนต้นทุเรียนเฉลี่ย 177.43 ต้น อายุเฉลี่ยของทุเรียน 9 ปี มีรูปแบบการปลูกทุเรียนแบบเชิงเดี่ยว ร้อยละ 77.40 เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ระยะปลูก 8×8 เมตร ร้อยละ 47.20 และระยะปลูก 9×9 เมตร ร้อยละ 34.00 เพื่อให้เหมาะสมกับการจัดการภายในแปลง เกษตรกรในพื้นที่ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองมากที่สุด ร้อยละ 85.50 รองลงมาคือ พันธุ์มูซังคิง ร้อยละ 4.80 และปลูกพันธุ์อื่นๆ เช่น พันธุ์ชะนี พันธุ์ก้านยาว เป็นต้น ร้อยละ 9.60 ด้านแหล่งน้ำเกษตรกรใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อบาดาล ร้อยละ 32.10 โดยใช้สปริงเกอร์ในการให้น้ำในพื้นที่ปลูกทุเรียน ร้อยละ 92.50 มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 20,945 บาทต่อไร่ต่อปี ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 740 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ราคาจำหน่ายทุเรียนเฉลี่ย 116.32 บาทต่อกิโลกรัม รายได้เฉลี่ยจากการจำหน่ายทุเรียน 691,000 บาทต่อปี เกษตรกรมีช่องทางการจำหน่ายโดยทำสัญญาซื้อขายล่วงหน้ากับบริษัท/สถานประกอบการ (ล้ง) ในจังหวัดชุมพร ร้อยละ 56.60 จำหน่ายผ่านพ่อค้าคนกลาง ร้อยละ 32.10 และจำหน่ายผ่านตลาดท้องถิ่นในชุมชน ร้อยละ 11.30

เกษตรกรมีช่องทางการรับรู้ข้อมูลการผลิตทุเรียน ด้านสื่อบุคคล พบว่า เกษตรกร รับข้อมูลจากญาติและเพื่อนเกษตรกรสมาชิกแปลงใหญ่ ร้อยละ 44.90 รองลงมารับรู้ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ภาครัฐ ร้อยละ 42.90 ด้านสื่อมวลชน

เกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ข้อมูลการผลิตทุเรียนผ่านสื่อออนไลน์ ร้อยละ 71.40 ด้านสถานการณ์รับรองแหล่งผลิตพืชตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร (GAP) พบว่า เกษตรกรได้รับใบรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร (มกษ.9001-2564) ร้อยละ 75.50 และอยู่ระหว่างดำเนินการสมัครขอรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร (มกษ.9001-2564) ร้อยละ 24.50

ความรู้เกี่ยวกับการผลิตทุเรียนภายใต้ระบบการจัดการคุณภาพ GAP และคุณภาพทุเรียนส่งออก

จากการทดสอบความรู้เกี่ยวกับการผลิตทุเรียนภายใต้ระบบการจัดการคุณภาพ GAP ของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการผลิตทุเรียนภายใต้ระบบการจัดการคุณภาพ GAP อยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 30.19) เนื่องจากมีการประชุม แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ร่วมกันระหว่างสมาชิกกลุ่มแปลงใหญ่ และเจ้าหน้าที่นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรประจำตำบล ซึ่งทำให้เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการดูแลและการจัดการสวนทุเรียนที่เหมาะสมและสอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐาน GAP เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามความต้องการของคู่ค้า รองลงมามีความรู้อยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 28.30) มีความรู้ในระดับน้อยและระดับดี ร้อยละ (15.09) และมีความรู้ในระดับน้อยมาก (ร้อยละ 11.32) (Fig. 1) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 10.06 คะแนน โดยประเด็นความรู้ที่เกษตรกรตอบถูกมากที่สุด จำนวน 3 ประเด็น ได้แก่ (1) การดูแลสวนทุเรียนที่เหมาะสมใส่ปุ๋ยตามสัดส่วนที่เหมาะสม การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และควรใช้ปุ๋ยคอกเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน (ร้อยละ 96.2) (2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินที่เหมาะสมในการปลูกทุเรียนเพื่อให้ดูดซึมธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ร้อยละ 94.3) และ (3) ดัชนีการเก็บเกี่ยวทุเรียนหมอนทองโดยการนับอายุตั้งแต่วันดอกบานจนถึงวันเก็บเกี่ยว (ร้อยละ 92.5) เนื่องจากการปฏิบัติของเกษตรกรสมาชิกแปลงใหญ่สอดคล้องกับ ชฎารัตน์ (2562) พบว่า เกษตรกรส่วนมากใช้การนับอายุเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลผลิตทุเรียนได้อย่างมีคุณภาพ (ร้อยละ 98.9) และประเด็นที่เกษตรกรตอบผิดมากที่สุดคือ ข้อกำหนดของ GAP พืชอาหาร (มกษ.9001-2564) และการป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชในการผลิตทุเรียน แสดงใน Fig.1

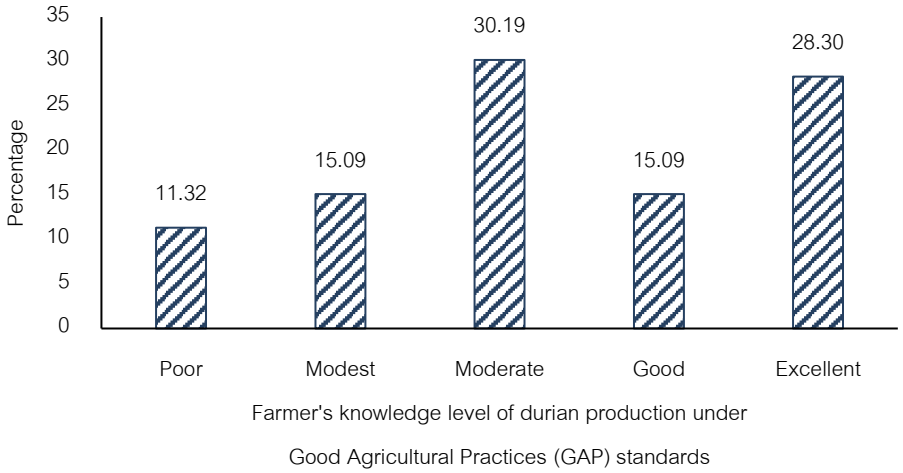


Fig.1 Farmer's knowledge level of durian production under Good Agricultural Practices (GAP) standards (*N* = 53)

ปัญหาอุปสรรคด้านการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดกระบี่

จากผลการวิจัย (Table 1) พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาด้านสังคมและเศรษฐกิจในระดับน้อย (μ = 2.58±1.01) โดยปัญหาที่มีความสำคัญ คือ ปัจจัยการผลิตมีราคาแพง เกษตรกรให้ความสำคัญของปัญหา

อยู่ในระดับปานกลาง (μ = 3.36±1.02) สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ ปัญญา และคณะ (2552) ได้รายงานว่า เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในอำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีปัญหาด้านราคาปัจจัยการผลิต เคมีภัณฑ์ทางการเกษตร ราคาแพง ส่งผลกระทบและมีปัญหาต่อการผลิตทุเรียนของเกษตรกรมากที่สุด

ปัญหาในการปฏิบัติที่สอดคล้องตามข้อกำหนด GAP เกษตรกรให้ความสำคัญในระดับน้อย (μ = 2.58±1.15) โดยข้อกำหนดการปฏิบัติที่เกษตรกรให้ความสำคัญ 3 อันดับแรก คือ การบันทึกข้อมูลและการตามสอบ (μ = 3.38±1.33) การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว (μ = 2.94±1.17) และการเลือกใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร (μ = 2.70±1.03) สอดคล้องกับผลการทดสอบความรู้ที่เกษตรกรเกิดความสับสนในประเด็นการเลือกใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะผลทุเรียน โดยกรมวิชาการเกษตร (2551) ได้มีคำแนะนำในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูทุเรียนที่สำคัญเพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของทุเรียนให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนด เนื่องจากหนอนเจาะผลทำให้ผลผลิตทุเรียนมีความเสียหาย เนื่องจากพบการเข้าทำลายในระยะที่ทุเรียนติดผลจนกระทั่งผลโตเต็มที่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยว

เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในพื้นที่จังหวัดกระบี่ให้ความสำคัญกับปัญหาด้านสภาพแวดล้อมและภัยธรรมชาติโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อย (μ = 2.15±0.95) โดยเกษตรกรให้ความสำคัญกับปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช (μ = 3.04±0.92) และปัญหาภัยแล้งและขาดแคลนแหล่งน้ำ (μ = 2.72±1.47) สอดคล้องกับ สุนิสา และคณะ (2565) รายงานว่า ในการส่งเสริมการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ควรมีการจัดหาแหล่งน้ำที่เพียงพอต่อการผลิตภาคการเกษตร

ปัญหาด้านการขอรับรองแหล่งผลิตพืชตามมาตรฐาน GAP เกษตรกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความสำคัญของปัญหาในระดับน้อย (μ = 2.18±0.88) โดยปัญหาที่สำคัญ คือ การขอรับรองมาตรฐานใช้ระยะเวลานาน (μ = 2.89±0.97) และเกษตรกรขาดความรู้ในการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAP (μ = 2.70±1.25) แสดงใน Table 1

Table 1 Farmers' opinions on the problems about durian production under Good Agricultural Practices (GAP) standards

(N = 53)

Problems	Assessment Average±σ	Level of Problems
1. The economic and social problems		
Factors of production are expensive	3.36±1.02	Moderate
Lack of Labor/high labor wages	2.53±1.19	Low
Lack of tools/equipment for production	2.06±0.86	Low
Lack of purchasing market/suppressing prices	2.38±0.97	Low
Price of product	2.58±0.99	Low
Grand Mean	2.58±1.01	Low
2. Compliance issues with Good Agricultural Practices (GAP) standard		
Water	2.23±1.22	Low
Planting area	2.15±0.99	Low
Pesticides	2.70±1.03	Moderate
Pre-harvest quality management	2.94±1.17	Moderate
Harvest and postharvest handlings	2.38±1.13	Low
Holding, moving produce in planting plot, and storage	2.21±1.10	Low
Personal hygiene	2.68±1.24	Moderate
Record keeping and traceability	3.38±1.33	Moderate
Grand Mean	2.58±1.15	Low

Table 1 Farmers' opinions on the problems about durian production under Good Agricultural Practices (GAP) standards (Continued)

(N = 53)

Problems	Assessment Average±σ	Level of Problems
3. Environmental degradation and natural hazards		
Lack of water resources/Droughts	2.72±1.47	Moderate
Floods	1.26±0.49	Lowest
Windstorm/storm	1.98±1.01	Low
Plant disease and pest outbreaks	3.04±0.92	Moderate
Environmental management in agricultural production	1.75±0.85	Lowest
Grand Mean	2.15±0.95	Low
4. Problems with acquiring crop under the Good Agricultural Practices (GAP) certification		
Lack of knowledge about requirements	2.70±1.25	Moderate
Requesting certification takes a long time	2.89±0.97	Moderate
Corrections/improvements according to standard requirements	1.89±0.97	Low
Traceability of the purchasing market	1.75±0.68	Lowest
Traceability of trading partners	1.66±0.71	Lowest
Grand Mean	2.18±0.88	Low

Remark: Scores 5.00–4.21 = Highest, 4.20–3.41 = High, 3.40-2.61 = Moderate, 2.60–1.81 = Low, and 1.80–1.00 = Lowest

ความต้องการในการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียนของเกษตรกร

ความต้องการของเกษตรกรในการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียน (Table 2) พบว่า เกษตรกรมีความต้องการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียนในระดับมาก (μ = 3.64±0.95) โดยประเด็นย่อยที่เกษตรกรมีความต้องการการสนับสนุนในระดับมาก ได้แก่ ด้านองค์ความรู้ด้านการผลิตและการจัดการสวนทุเรียน (μ = 3.87±0.88) การป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช (μ = 3.85±0.93) เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและปริมาณผลผลิต (μ = 3.74±0.98) การลดต้นทุนการผลิต (μ = 3.70±0.91) การอบรมถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับข้อกำหนดตามมาตรฐาน GAP (μ = 3.66±1.04) การลดระยะเวลาการขอการรับรองมาตรฐาน (μ = 3.51±0.87) และการเชื่อมโยงตลาดรับซื้อและราคาผลผลิต (μ = 3.45±0.95)

ความต้องการสนับสนุนความรู้เกี่ยวกับข้อกำหนดตามมาตรฐาน GAP เกษตรกรมีความต้องการในระดับปานกลาง (μ = 3.13±1.00) ซึ่งข้อกำหนดที่เกษตรกรมีความต้องการในระดับมาก ได้แก่ การบันทึกข้อมูลและการตามสอบ (μ = 3.77±0.89) และการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว (μ = 3.43±1.01)

ความต้องการด้านรูปแบบการตรวจประเมินตามมาตรฐาน GAP พบว่า เกษตรกรมีความต้องการโดยเฉลี่ยในระดับปานกลาง (μ = 3.13±0.79) โดยรูปแบบการตรวจประเมินที่เกษตรกรมีความต้องการในระดับมากคือการตรวจประเมินโดยหน่วยงานภาครัฐ (กรมวิชาการเกษตร) (μ = 3.87±0.71) และการตรวจประเมินผ่านแพลทฟอร์มออนไลน์ (เว็บไซต์ตรวจประเมิน) (μ = 3.81±0.94) รูปแบบการตรวจประเมินที่เกษตรกรมีความต้องการในระดับน้อยที่สุดคือการตรวจประเมินโดยหน่วยงานเอกชน/สถาบันการศึกษา (μ = 1.72±0.72) เนื่องจากเกษตรกรมีความกังวลด้านค่าใช้จ่ายของการตรวจประเมินมีราคาสูง ดังรูป Table 2

Table 2 Requirement of farmers for durian production support

(*N* = 53)

Requirement	Assessment Average±σ	Level of Problems
1. Durian production support		
Knowledge about Durian cultivation	3.87±0.88	*High*
Prevention and control of plant diseases and pests	3.85±0.93	*High*
Technology for improving production efficiency and yield	3.74±0.98	*High*
Reducing production costs	3.70±0.91	*High*
Market linkage and product pricing	3.45±0.95	*High*
Training on Good Agricultural Practices (GAP) standards	3.66±1.04	*High*
Time reduction in applying for Good Agricultural Practices (GAP) standards	3.51±0.87	*High*
Durian production plots	3.32±1.03	*Moderate*
Grand Mean	3.64±0.95	*High*
2. Knowledge about Good Agricultural Practices (GAP) standards		
Water	3.26±1.26	*Moderate*
Planting area	2.72±1.15	*Moderate*
Pesticides	3.25±1.04	*Moderate*
Pre-harvest quality management	3.43±1.01	*High*
Harvest and postharvest handlings	2.96±0.88	*Moderate*
Holding, moving produce in planting plot, and storage	2.74±0.92	*Moderate*
Personal hygiene	2.92±0.83	*Moderate*
Record keeping and traceability	3.77±0.89	*High*
Grand Mean	3.13±1.00	*Moderate*
3. Inspection and evaluation		
Government inspection and evaluation (by the Department of Agriculture)	3.87±0.71	*High*
Inspection and evaluation by a private organization or academic institution	1.72±0.72	*Lowest*
Inspection and evaluation by Digital platform (Website)	3.81±0.94	*High*
Grand Mean	3.13±0.79	*Moderate*

Remark: Scores 5.00-4.21 = Highest, 4.20-3.41 = High, 3.40-2.61 = Moderate, 2.60-1.81 = Low, and 1.80-1.00 = Lowest

สรุป

จากการสำรวจปัญหาและความต้องการของเกษตรกรในการสนับสนุนด้านการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดกระบี่ ในพื้นที่อำเภอปลายพระยาและอำเภอเขาพนม ที่เป็นเกษตรกรสมาชิกกลุ่มแปลงใหญ่ทุเรียนของกรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 53 ราย พบว่า ปัญหาที่มีความสำคัญคือ ปัจจัยการผลิตมีราคาแพง และปัญหาในการปฏิบัติที่สอดคล้องตามข้อกำหนด GAP เกษตรกรให้ความสำคัญคือ การบันทึกข้อมูลและการตามสอบ การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว และการเลือกใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรมีความต้องการให้มีการสนับสนุนเกี่ยวกับการจัดการสวนทุเรียน การป้องกันกำจัดโรคและ

แมลงศัตรูพืช การลดต้นทุนและเพิ่มปริมาณผลผลิต ปัญหาที่สำคัญในการขอรับรองแหล่งผลิตพืชตามมาตรฐาน GAP คือ การขอรับรองมาตรฐานใช้ระยะเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลต่อฤดูกาลจำหน่ายผลผลิตทุเรียนของเกษตรกรให้กับผู้ประกอบการ อีกทั้งเกษตรกรขาดความรู้ในการปฏิบัติตามมาตรฐาน GAP ดังนั้นควรให้เจ้าหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความรู้เรื่องการการจัดการโรค และศัตรูทุเรียนแบบผสมผสาน เพื่อลดการใช้สารเคมี ลดต้นทุนการผลิต และสอดคล้องตามข้อกำหนดของประเทศคู่ค้า รวมทั้งความต้องการด้านรูปแบบการตรวจประเมินตามมาตรฐาน GAP พบว่า เกษตรกรมีความต้องการการตรวจประเมินโดยหน่วยงานภาครัฐ และการตรวจประเมินผ่านแพลทฟอร์มออนไลน์ ซึ่งระดับความต้องการพบว่า การตรวจประเมินผ่านแพลทฟอร์มออนไลน์ อยู่ในเกณฑ์ระดับมากเท่ากับการตรวจประเมินโดยหน่วยงานภาครัฐ เนื่องจากมีความต้องการลดระยะเวลาการขอรับรองมาตรฐาน เพื่อป้องกันการกีดกันทางการค้าของประเทศคู่ค้า เช่น การใช้เงื่อนไขมาตรฐาน GAP เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2551. เอกสารวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีการผลิตทุเรียนให้มีคุณภาพ. ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี, สถาบันวิจัยพืชสวน, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2567. การจัดการทุเรียนเพื่อการส่งออกตลอดห่วงโซ่อุปทาน. สถาบันวิจัยพืชสวน, กรมวิชาการเกษตร , กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กฤษณะ จันทะนรารักษ์. 2564. การผลิตและความต้องการในการส่งเสริมการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการส่งออกของเกษตรกรแปลงใหญ่ทุเรียนอ าเภอเมือง จังหวัดตราด. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชฎารัตน์ พรหมศิลา. 2562. ความต้องการการส่งเสริมการผลิตทุเรียนของเกษตรกรในจังหวัดชุมพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ปัญญา หมั่นเก็บ, ทิพวรรณ ลิมังกูร และอนุสรณ์ อินทร์โก. 2552. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ การยอมรับแนวทางปฏิบัติเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรทำสวนทุเรียน อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง:กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2566. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2567. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สุนิสา ช่วยสุข, นารีรัตน์ สีระสาร และ บำเพ็ญ เขียวหวาน. 2565. การส่งเสริมการผลิตทุเรียนตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร ตำบลเขาค่าย อำเภอสวี จังหวัดชุมพร. วารสารวิชาการร้อยแก่นสาร 7: 334–352.

สุวิมล ติรกานันท์. 2555. การวิเคราะห์ตัวแปรพหุในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อคาเฟ่เชิงเกษตร ในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

Tourist satisfaction with agricultural cafes in Kamphaeng Saen District Nakhon Pathom Province

กิตติกร ล่องหลง, เกษมสันต์ สกุลรัตน์*

Kittikorn Longhlong, Kasamesant Sakoolrat*

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: kasamesant.s@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว และรูปแบบการใช้บริการคาเฟ่เชิงเกษตร ในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยใช้แบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่าง จำนวน 60 คน ผลการวิจัยพบว่า นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในภาพรวมด้านบุคลากร ด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ และด้านกระบวนการ ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.40, 4.35 และ 4.32 ตามลำดับ และมีความพึงพอใจด้านสถานที่ ด้านผลิตภัณฑ์ และด้านราคา ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.15, 3.96 และ 3.64 ตามลำดับ ด้านรูปแบบการใช้บริการคาเฟ่เชิงเกษตร นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มาเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ ร้อยละ 75.00 และสร้างความสัมพันธ์ของครอบครัว/กลุ่มเพื่อน ร้อยละ 21.70 ส่วนใหญ่มาเที่ยวเป็นครั้งแรก ร้อยละ 70.00 และมาเที่ยวซ้ำ ร้อยละ 30.00 โดยรู้จักคาเฟ่เชิงเกษตร ผ่านสื่อสังออนไลน์ (ไลน์/เฟซบุ๊ก) ร้อยละ 60.00 และผ่านเว็บไซต์ ร้อยละ 21.70 ส่วนใหญ่จะเดินทางมาเที่ยวในช่วงวันหยุดเสาร์-วันอาทิตย์ ร้อยละ 66.67 และวันหยุดนักขัตฤกษ์ ร้อยละ 26.67 ส่วนความถี่ในการมาเที่ยว เดือนละ 1– 2 ครั้ง ร้อยละ 78.30

คำสำคัญ: คาเฟ่เชิงเกษตร, ความพึงพอใจ, นักท่องเที่ยว, อำเภอกำแพงแสน

Abstract

This research aims to study the tourist satisfaction and service usage patterns at agro-tourism cafés in Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom Province. Data were collected by using a questionnaire from a sample of 60 participants. The results revealed that tourists had the highest overall satisfaction in personnel, physical environment, and service process, with average scores of 4.40, 4.35, and 4.32, respectively. Satisfaction with location, products, and pricing was rated at a high level, with average scores of 4.15, 3.96, and 3.64, respectively. Regarding the service usage patterns at agro-tourism cafés, most tourists visited for relaxation (75.00%) and to strengthen family/friend relationships (21.70%). The most tourists were first-time visitors (70.00%), while 30.00% were repeat visitors. Tourists primarily learned about agro-tourism cafés through online social media platforms (Line/Facebook) (60.00%) and websites (21.70%). Most tourists visited during weekends (66.67%) and public holidays (26.67%), with a visit frequency of 1–2 times per month (78.30%).

Keywords: Agricultural café, Kamphaeng Saen District, Satisfaction, Tourist

คำนำ

วิกฤตการณ์โควิด 19-ทำให้การท่องเที่ยว การส่งออกผลผลิต การบริโภคต่าง ๆ ลดน้อยลง ส่งผลให้เศรษฐกิจซบเซา รัฐบาลจึงจัดทำโครงการ ชิม ช้อป ใช้ เป็นการดึงเงินจากผู้ที่มีรายได้ปานกลางถึงผู้ที่มีรายได้สูง ให้เติมเงินของตนเข้า "G-Waller" และออกไปใช้จ่ายใช้สอยใน "เศรษฐกิจระดับล่าง" (สุจิตรา และคณะ,2564) โครงการ ชิม ช้อป ใช้ เป็นโครงการที่ใช้กับร้านค้า ร้านอาหาร คาเฟ่ต่าง ๆ ได้ ทำให้เกษตรกรมีการปรับเปลี่ยนจากการทำการเกษตรเพียงอย่างเดียว มาทำเป็นร้านอาหารและร้านคาเฟ่ เป็นการนำผลผลิตจากการทำการเกษตรมาแปรรูปเพื่อนำมาขายในร้านของตน ทำให้เกิดการพัฒนาการเกษตรที่นอกจากการเป็นจุดเริ่มต้นของอาหารแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับความต้องการของนักท่องเที่ยวที่มีความต้องการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ซึ่งเป็นรูปแบบการท่องเที่ยวรูปแบบใหม่ ผนวกกับนักท่องเที่ยวที่นิยมท่องเที่ยวร้านกาแฟ ซึ่งเป็นตลาดกลุ่มลูกค้าเฉพาะ)Niche market) นอกเหนือจากการบริโภคกาแฟ มีการนำเสนอสินค้าหรือบริการรูปแบบที่แตกต่างออกไปและมักจะเสนอขายสินค้าหรือบริการที่นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์หลักประเภทกาแฟ การทำกิจกรรมต่าง ๆ ในร้านกาแฟ เช่น การพบปะสังสรรค์กับเพื่อน นั่งสนทนา อ่านหนังสือ ถ่ายรูป เป็นต้น ธุรกิจร้านกาแฟหรือที่คนทั่วไปเรียกว่า "คาเฟ่" จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ส่งผลให้เกิดการขยายกิจการไปยังพื้นที่ต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว พิมพ์ศิริ), 2556) กาแฟในฐานะที่เป็นเครื่องดื่มที่ช่วยนำความสุขมาให้ผู้บริโภคทั่วโลกควบคู่กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตกาแฟช่วยสร้างโอกาสและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟกว่า 25 ล้านรายทั่วโลก รวมไปถึงสร้างรายได้ทางเศรษฐกิจให้กับผู้ที่อยู่ในห่วงโซ่มูลค่าโลกของการผลิตกาแฟ ไม่ว่าจะเป็นนักธุรกิจ นักคั่วกาแฟ ผู้ค้าปลีก และพนักงาน หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่น ๆ)สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า ,2563(จะเห็นได้ว่าความต้องการใช้กาแฟทั่วโลกมีถึง 9.98 ล้านต้น เพิ่มขึ้นจากปี 2561/62 ที่มีความต้องการ 9.86 ล้านตัน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.22

ร้านแบบคาเฟ่ เป็นการผสมรูปแบบระหว่าง เข้าด้วยกัน โดยทั่วไป คาเฟ่จะไม่จำหน่าย "บาร์" และ "ภัตตาคาร" เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ จะเน้นไปที่เครื่องดื่มประเภท กาแฟ ชา หรือ ช็อกโกแลต และอาจมีอาหารว่าง ซุป แซนวิช ขนมอบ และขนมหวานที่เสิร์ฟเคียงกับเครื่องดื่ม เช่น เค้กหรือคุกกี้ไว้บริการด้วย)Papassara, 2564การเกิดขึ้นของรูปแบบ (การท่องเที่ยวสมัยใหม่ ที่ผู้บริโภคนิยมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรก่อให้เกิดอาชีพใหม่ที่ส่งผลดีต่อเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก เป็นการเชื่อมโยงการการผลิตและการตลาดเข้าด้วยกันเพื่อใช้ทรัพยากรที่ตนเองมีอยู่ดึงดูดลูกค้าเข้าหาโดยไม่ผ่านพ่อค้าคนกลาง ได้พัฒนาปรับปรุงการเกษตรที่ไม่เพียงแต่ผลิตสินค้าการเกษตร แต่มีการเปิดเป็นสถานที่ท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้การเกษตร หรือที่เรียกว่า คาเฟ่เชิงเกษตร ดังนั้น งานวิจัยเรื่อง ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อคาเฟ่เชิงเกษตรในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จึงเป็นการศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวและรูปแบบการใช้บริการคาเฟ่เชิงเกษตร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาบริการของร้านคาเฟ่เชิงเกษตร ให้ตรงกับความต้องการของนักท่องเที่ยวต่อไป

วิธีการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อคาเฟ่เชิงเกษตร ในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) ประชากรที่ศึกษา เป็นนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวคาเฟ่เชิงเกษตร The Ugly Duckling Learning Farm (ลูกเป็ดขี้เหร่) และ มอลเล่ฟาร์มคาเฟ่ ในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่าง จำนวน 60 คน ใช้วิธีการคัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (อนุวัติ, 2560) เก็บข้อมูลในระหว่างวันที่ 27 มกราคม – 11 กุมภาพันธ์ 2567 และใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งได้จากการศึกษาจากหนังสือ ตำรา บทความวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบข้อคำถามในการสร้างแบบสอบถาม

เพื่อการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้ **1)** ข้อมูลทั่วไป 2) รูปแบบการใช้บริการคาเฟ่เชิงเกษตรของนักท่องเที่ยว และ 3) ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อคาเฟ่เชิงเกษตร สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: *SD*) (ล้วน และ อังคณา, 2539)

แบบสอบถามวัดระดับความพึงพอใจ เป็นชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ท (Likert scale) โดยกำหนดค่าคะแนนของช่วงน้ำหนักเป็น 5 ระดับ ซึ่งมีความหมาย ดังนี้

ระดับคะแนน	5	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
ระดับคะแนน	4	หมายถึง	พึงพอใจมาก
ระดับคะแนน	3	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
ระดับคะแนน	2	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
ระดับคะแนน	1	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง	4.21–5.00	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	3.41–4.20	หมายถึง	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	2.61–3.40	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	1.81–2.60	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	1.00–1.80	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

1 ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยวคาเฟ่เชิงเกษตรเชิงเกษตร ในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 63.33 รองลงมา เป็นเพศชาย ร้อยละ 35.00 และ LGBTQ+ ร้อยละ 1.67 มีการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 60.00 รองลงมา มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวส. ร้อยละ 28.33 และสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 6.67 ด้านการประกอบอาชีพ ส่วนใหญ่จะเป็นนักเรียน/นักศึกษา ที่มีความสนใจในการศึกษาการทำการเกษตร ร้อยละ 26.67 รองลงมา อาชีพข้าราชการร้อยละ 25.00 นักท่องเที่ยวที่มีอาชีพธุรกิจส่วนตัว ร้อยละ 21.67 นักท่องเที่ยวที่มีอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 11.67 นักท่องเที่ยวที่มีอาชีพลูกจ้าง ร้อยละ 8.33 นักท่องเที่ยวที่มีอาชีพพนักงานของรัฐ รัฐวิสาหกิจร้อยละ 3.33 ด้านรายได้ นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน 5,001 - 10,000 บาทร้อยละ 28.33 รองลงมา มีรายได้ต่อเดือน 15,001 – 20,000 บาท ร้อยละ 26.67 มีรายได้ต่อเดือน 10,001 – 15,000 บาท ร้อยละ 25.00 มีรายได้ต่อเดือน 20,001 – 25,000 บาทร้อยละ 8.33 มีรายได้ต่อเดือน 25,001 บาทขึ้นไป ร้อยละ 8.33 และมีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 3.33 ด้านภูมิลำเนา นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีถิ่นฐานอยู่ต่างจังหวัด ร้อยละ 70.00 รองลงมา มีถิ่นฐานอยู่ที่ในจังหวัดนครปฐม ร้อยละ 30.00

2 รูปแบบการใช้บริการคาเฟ่เชิงเกษตรของนักท่องเที่ยว

รูปแบบการใช้บริการคาเฟ่เชิงเกษตรของนักท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมาคาเฟ่เชิงเกษตรเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ ร้อยละ 75.00 รองลงมา เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของครอบครัว/กลุ่มเพื่อน ร้อยละ 21.70 และมาทำงาน ร้อยละ 3.30 ด้านรูปแบบการท่องเที่ยวคาเฟ่เชิงเกษตร ส่วนใหญ่เดินทางมากับครอบครัวและญาติ ร้อยละ 41.70 รองลงมา เดินทางมาเป็นหมู่คณะ/กลุ่มเพื่อน ร้อยละ 23.30 เดินทางมากับแฟน ร้อยละ 20.00 และเดินทางมาคนเดียว ร้อยละ 15.00 ด้านประสบการณ์มาท่องเที่ยวคาเฟ่เชิงเกษตร ส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวเป็นครั้งแรก ร้อยละ 70.00 รองลงมา มาท่องเที่ยวซ้ำ ร้อยละ 30.00 ส่วนใหญ่จะรู้จักคาเฟ่เชิงเกษตรแห่งนี้ผ่านสื่อสังออนไลน์ (ไลน์/เฟซบุ๊ก) ร้อยละ 60.00 รองลงมา รู้จักผ่านเว็บไซต์ ร้อยละ 21.70 รู้จักผ่านการบอกเล่าปากต่อปาก ร้อยละ 13.30 รู้จักผ่านป้ายไฟ/แผ่นป้ายจราจร/ชุมชน ร้อยละ 3.30 ด้านการเดินทางมาท่องเที่ยว ส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวในช่วงวันหยุดเสาร์-วันอาทิตย์ ร้อยละ 66.67 รองลงมา วันหยุดนักขัตฤกษ์ ร้อยละ 26.67 และช่วงเวลาที่เดินทางมาน้อยที่สุด วันจันทร์ – วันศุกร์ ร้อยละ 6.67 ส่วนความถี่ในการมาคาเฟ่เชิงเกษตร ส่วนใหญ่เดินทางท่องเที่ยวเดือนละ 1 - 2 ครั้ง ร้อยละ 78.30 รองลงมาอาทิตย์ละ 1 – 2 ครั้ง ร้อยละ 10.00

3 ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อคาเฟ่เชิงเกษตร

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อคาเฟ่เชิงเกษตร ตามแนวคิดส่วนประสมทางการตลาด 7Ps (Marketing Mix) ได้แก่ 1) Product ด้านผลิตภัณฑ์ 2) Price ด้านราคา 3) Place ด้านสถานที่ 4) Promotion ด้านส่งเสริมการตลาด 5) People ด้านบุคลากร 6) Physical environment ด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ และ 7) Process ด้านกระบวนการ แสดงดัง Table 1

Table 1 Tourist satisfaction with agricultural cafes

(n = 60)

Tourist satisfaction with agricultural cafes	Average ($\bar{x}$)	*SD*	Interpret	Rank
1. Tourist satisfaction with products.				
1.1 A variety of food, dessert, and beverage options are available.	4.55	0.76	Most	1
1.2 Food, dessert, and beverages are creative and visually appealing.	4.27	0.73	Most	2
1.3 Food, dessert, and beverages taste good.	4.27	0.73	Most	2
1.4 Food, dessert, and beverages are clean.	4.22	0.66	Most	3
1.5 Agricultural activities are safe.	4.13	0.78	High	4
Total	4.29	0.73	Most	
2. Tourist satisfaction with prices.				
2.1 Food, dessert, and beverage prices are reasonable for their quality.	4.38	0.73	Most	1
2.2 Food, dessert, and beverage prices are reasonable for their quantity.	4.23	0.74	Most	2
Total	4.31	0.74	Most	
3. Tourist satisfaction with locations.				
3.1 There is sufficient parking.	4.52	0.76	Most	2
3.2 The café's location is accurately marked on mapping programs such as Google Maps.	4.62	0.66	Most	1
3.3 The café is accessible through multiple communication channels, such as Facebook and Website.	4.40	0.86	Most	3
Total	4.51	0.76	Most	

Table 1 Tourist satisfaction with agricultural cafes (Continued)

(n = 60)

Tourist satisfaction with agricultural cafes	Average ($\bar{x}$)	*SD*	Interpret	Rank
4. Tourist satisfaction with marketing promotion.				
4.1 There are interesting promotional activities, such as discounts on food, desserts, and beverages, or point accumulation systems for discounts.	2.18	0.99	Low	2
4.2 There are promotional channels to widely inform potential customers through various media, such as social media, Facebook, Website, and Line.	4.48	0.85	Most	1
Total	3.33	0.92	Moderate	
5. Tourist satisfaction with personnel.				
5.1 Staff are well-prepared to provide service.	4.45	0.78	Most	2
5.2 Staff are polite and friendly.	4.28	0.80	Most	4
5.3 Staff can answer questions, clarify doubts, and provide good recommendations.	4.35	0.81	Most	3
5.4 Staff provide quick and enthusiastic service.	4.48	0.76	Most	1
5.5 Staff serve all customers equally without discrimination.	4.45	0.76	Most	2
Total	4.40	0.78	Most	
6. Tourist satisfaction with the physical environment.				
6.1 The café is clean and free from unpleasant odors.	4.35	0.77	Most	3
6.2 The café's design and decor are interesting.	4.37	0.80	Most	2
6.3 The layout of the space is convenient for service use.	4.27	0.87	Most	5
6.4 There are enough tables and chairs to accommodate customers.	4.33	0.92	Most	4
6.5 Staff are dressed neatly and cleanly.	4.42	0.78	Most	1
Total	4.35	0.83	Most	
7. Tourist satisfaction with processes.				
7.1 The process of ordering food is convenient.	4.48	0.62	Most	1
7.2 There are multiple convenient payment options available.	4.37	0.80	Most	3
7.3 There are enough staff to provide service.	4.43	0.72	Most	2
7.4 There is a system in place to quickly resolve issues for customers in case of any service problems.	4.28	0.71	Most	5
7.5 There is a good management system in place in case of accidents involving customers.	4.30	0.76	Most	4
Total	4.37	0.72	Most	
The overall average satisfaction across all seven aspects was at the highest level.	4.22	0.78	Most	

จากTable 1 พบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ของคาเฟ่เชิงเกษตร ในระดับมากที่สุด จำนวน 4 รายการ คือ มีเมนูอาหาร ขนม เครื่องดื่ม มีให้เลือกหลากหลาย ($\bar{x}$ = 4.55, *SD* = 0.76) รองลงมามีเมนูอาหาร ขนม เครื่องดื่ม มีความสร้างสรรค์ น่ารับประทาน ($\bar{x}$ = 4.27, *SD* = 0.73) มีอาหาร ขนม เครื่องดื่ม มีรสชาติดี ($\bar{x}$ = 4.27, *SD* = 0.73) และมีอาหาร ขนม เครื่องดื่ม มีความสะอาด ($\bar{x}$ = 4.22, *SD* = 0.66) มีค่าเฉลี่ยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.29, *SD* = 0.73)

ด้านราคา นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 2 รายการ คือ ราคาอาหาร ขนม เครื่องดื่ม มีราคาเหมาะสมกับคุณภาพ ($\bar{x}$ = 4.38, *SD* = 0.73) รองลงมา ราคาอาหาร ขนม เครื่องดื่ม มีราคาเหมาะสมกับปริมาณ ($\bar{x}$ = 4.23, *SD* = 0.74) มีค่าเฉลี่ยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.31, *SD* = 0.74)

ด้านสถานที่ นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 3 รายการ คือ มีการบอกตำแหน่งร้านในโปรแกรมแผนที่อย่างแม่นยำ เช่น google map ($\bar{x}$ = 4.62, *SD* = 0.66) รองลงมา มีที่จอดรถเพียงพอ ($\bar{x}$ = 4.52, *SD* = 0.76) และสามารถติดต่อกับร้านได้หลายช่องทาง เช่น Facebook , Website ($\bar{x}$ = 4.40, *SD* = 0.86) มีค่าเฉลี่ยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.51, *SD* = 0.76)

ด้านการส่งเสริมการตลาด นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 1 รายการ คือ มีช่องทางประชาสัมพันธ์ให้ผู้ที่สนใจใช้บริการรู้จักผ่านสื่อต่าง ๆ อย่างทั่วถึง เช่น social media , facebook , website , line ($\bar{x}$ = 4.48, *SD* = 0.85) มีค่าเฉลี่ยรวม อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.33, *SD* = 0.92)

ด้านบุคลากร นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 5 รายการ คือ พนักงานให้บริการด้วยความรวดเร็วและกระตือรือร้น ($\bar{x}$ = 4.48, *SD* = 0.76) รองลงมา พนักงานมีความพร้อมในการให้บริการ ($\bar{x}$ = 4.45, *SD* = 0.78) พนักงานให้บริการแก่ลูกค้าเท่าเทียมกันทุกรายโดยไม่เลือกปฏิบัติ ($\bar{x}$ = 4.45, *SD* = 0.76) พนักงานสามารถตอบคำถามชี้แจงข้อสงสัย ให้คำแนะนำได้ดี ($\bar{x}$ = 4.35, *SD* = 0.81) และพนักงานมีความสุภาพ อัธยาศัยดี ($\bar{x}$ = 4.28, *SD* = 0.80) มีค่าเฉลี่ยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.40, *SD* = 0.78)

ด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 5 รายการ คือ พนักงานแต่งกายสะอาดเรียบร้อย ($\bar{x}$ = 4.42, *SD* = 0.78) รองลงมา การออกแบบตกแต่งของร้านมีความน่าสนใจ ($\bar{x}$ = 4.37, *SD* = 0.80) ร้านสะอาด ไม่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ($\bar{x}$ = 4.35, *SD* = 0.77)) มีโต๊ะ เก้าอี้ ที่นั่งเพียงพอต่อการให้บริการ ($\bar{x}$ = 4.33, *SD* = 0.92) และการจัดวางพื้นที่ใช้สอยในร้านสะดวกต่อการใช้บริการ ($\bar{x}$ = 4.27, *SD* = 0.87) มีค่าเฉลี่ยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.35, *SD* = 0.83)

ด้านกระบวนการ นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 5 รายการ คือ ขั้นตอนการสั่งอาหารสะดวก ($\bar{x}$ = 4.48, *SD* = 0.62) รองลงมา พนักงานมีจำนวนเพียงพอต่อการให้บริการ ($\bar{x}$ = 4.43, *SD* = 0.72) ช่องทางการชำระเงินมีความสะดวกหลายช่องทาง ($\bar{x}$ = 4.37, *SD* = 0.80) มีระบบการจัดการที่ดีหากเกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้บริการ ($\bar{x}$ = 4.30, *SD* = 0.76) และมีระบบที่สามารถแก้ปัญหาให้กับลูกค้าด้วยความรวดเร็ว ($\bar{x}$ = 4.28, *SD* = 0.71) มีค่าเฉลี่ยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.37, *SD* = 0.72)

โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมทั้ง 7 ด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.22, *SD* = 0.78)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อคาเฟ่เชิงเกษตร ในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษา มีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี มีรายได้ 5,001 – 10,000 บาท/เดือน ซึ่งสอดคล้องกับ ญาณิศา เผื่อนเพาะ และ สันติธร ภูริภักดี (2563) ที่ศึกษาการแนวทางการจัดการฟาร์มคาเฟ่ ตามรอยเกษตรทฤษฎีใหม่ของผู้ประกอบการในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยแบ่งพื้นที่สร้างทางเดินและป้ายให้ความรู้ บอกเล่าประวัติความเป็นมา เพื่อให้เกิดเป็นศูนย์การเรียนรู้แก่นักท่องเที่ยว จัดสรรพื้นที่ให้นักท่องเที่ยวทำกิจกรรมได้ เช่น ปลูกข้าว ให้อาหารสัตว์ มุมถ่ายรูป มุมเรียนรู้การจัดการฟาร์ม และสร้างเอกลักษณ์สำคัญ คือ การนำเอาวัตถุดิบซึ่งเป็นผลผลิต

ทางการเกษตรภายในฟาร์มมาสร้างสรรค์เมนูอาหารและเครื่องดื่มของตนเอง ด้านส่วนประสมทางการตลาดของคาเฟ่เชิงเกษตร นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อองค์ประกอบของการตลาดแบบ 7P (Marketing Mix) ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.22, *SD* = 0.78) ซึ่งแนวคิดส่วนผสมทางการตลาด จะช่วยให้ธุรกิจสามารถคิดค้นกลยุทธ์ที่จะทำให้สินค้าตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคในด้านการให้บริการ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ทศพร ลีลอย (2564) ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดโดยรวมอยู่ในระดับมาก ในด้านกระบวนการให้บริการ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา ด้านบุคลากร ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านผลิตภัณฑ์ และด้านราคา ซึ่งเทคนิคทางด้านการตลาดยังคงเป็นหัวใจสำคัญที่จะใช้ในการแข่งขัน การปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ ๆ ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของลูกค้าที่มีความหลากหลาย ตลอดจนการริเริ่มสำรวจหรือการประเมินความคิดเห็นจากลูกค้าอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้ธุรกิจมีความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ คาเฟ่เชิงเกษตรยังตั้งอยู่ใกล้กับสถาบันศึกษาชั้นนำขนาดใหญ่และหน่วยงานอื่น ๆ ซึ่งในอำเภอกำแพงแสน มีสถาบันการศึกษารวม 58 แห่ง ประกอบด้วย โรงเรียนประถมศึกษา 45 แห่ง โรงเรียนมัธยมศึกษา 12 แห่ง และมหาวิทยาลัย 1 แห่ง ทำให้นักเรียน/นักศึกษาสามารถเดินทางไปท่องเที่ยวคาเฟ่เชิงเกษตรได้สะดวก และยังมีการจำหน่ายอาหาร เครื่องดื่ม มีกิจกรรมต่าง ๆ ให้ทำ ตลอดจนมีมุมถ่ายภาพสวย ๆ ซึ่งตรงกับความต้องการของลูกค้า และผู้หญิงที่ชอบการทำกิจกรรมและการถ่ายภาพ

สรุปและข้อเสนอแนะ

นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อส่วนประสมทางการตลาดแบบ 7Ps ในระดับมากที่สุด ส่วนด้านการส่งเสริมการตลาดต้องเพิ่มในส่วนของการส่งเสริมการตลาดให้มากขึ้น ด้านรูปแบบการใช้บริการคาเฟ่เชิงเกษตร ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวจะมาเพื่อพักผ่อนหย่อนใจและสร้างความสัมพันธ์ของครอบครัว/กลุ่มเพื่อน โดยรู้จักคาเฟ่เชิงเกษตรผ่านสื่อสังออนไลน์ (ไลน์/เฟซบุ๊ก) และมาเที่ยวในช่วงวันหยุดเสาร์-วันอาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ เดือนละ 1 - 2 ครั้ง สำหรับข้อเสนอแนะ ร้านค้าเฟ่เชิงเกษตร ควรเพิ่มกิจกรรมส่งเสริมการตลาด ป้ายแนะนำกิจกรรมภายในคาเฟ่ และการให้บริการอาหารที่รวดเร็วยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักท่องเที่ยวที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามทุกท่าน และผู้ประกอบการร้านคาเฟ่เชิงเกษตร The Ugly Duckling Learning Farm (ลูกเป็ดขี้เหร่) และ มอลเล่ฟาร์มคาเฟ่ ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ญาณิศา เผื่อนเพาะ, สันติธร ภูริภักดี. 2563. แนวทางการจัดการฟาร์มคาเฟ่ ตามรอยเกษตรทฤษฎีใหม่ของผู้ประกอบการในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารร่มพฤกษ์ 38(1): 8-20.

ทศพร ลีลอย. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการคาเฟ่กลางทุ่งนา. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ปภัสรา นัฏสถาพร. 2564. ครั้งแรกในไทยกับ Vogue Café ร้านคาเฟ่สุดเก๋ใจกลางเมือง. https://www.vogue.co.th/lifestyle/food/article/vogue-cafe-bangkok-opening, 15 ตุลาคม 2566

พิมพ์ศิริ ไทยสม. 2556. การศึกษาปัจจัยที่มีผลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของลูกค้าร้านกาแฟ A ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2539. เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. สุวีริยสาร์น. กรุงเทพมหานคร.

สุจิตรา คุ้มฉาย, อัชรี กุลบุตร, ดนัย จันทร์สามเรือน และ ศรชัย ท้าวมิตร. 2564. นโยบายสาธารณะ: ชิม ช้อป ใช้ ในประเทศไทย. Journal of Modern Learning Development 6(1): 380–394.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. 2563. โอกาสและศักยภาพของกาแฟไทย. https://uploads.tpso.go.th/coffee.pdf, 2 กันยายน 2566

อนุวัติ คูณแก้ว. 2560. สถิติเพื่อการวิจัย. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

ภาคผนวก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. ผศ.ดร.เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
2. ผศ.ดร.ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
3. รศ.ดร.ธิดา เดชฮวบ	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
4. ผศ.ดร.เบญจคุณ แสงทองพราว	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
5. ผศ.ดร.ปัฐวิภา สงกุมาร	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
6. ผศ.ดร.เพชรดา ปินใจ	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
7. ผศ.ดร.ภัสสร วรรณพินิจ	ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
8. รศ.ดร.ภัศจี คงศีล	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
9. อ.ดร.รมิดา กร่ำศรี	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
10. ผศ.ดร.รักษ์ศักดิ์ เสริมศักดิ์	ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร
11. ผศ.ดร.รัชฎาวรรณ เงินกลั่น	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
12. รศ.ดร.วันวิสา ศิริวรรณ์	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
13. ผศ.ดร.วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
14. ผศ.ดร.วีรศิลป์ สอนจรูญ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
15. รศ.ดร.วีระณีย์ ทองศรี	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
16. รศ.ดร.ศุภธิดา อับดุลลากาซิม	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน
17. รศ.ดร.อธิราช หนูสีดำ	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
18. อ.ดร.อภิเดช รักเป็นไทย	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
19. รศ.ดร.อรอุมา เพียซ้าย	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
20. ผศ.ดร.อรุณี วงษ์แก้ว	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
21. รศ.ดร.อัศเรข รัตนวรรณี	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
22. ผศ.ดร.อุดมศักดิ์ เลิศสุชาติวานิช	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. ผศ.ดร.ณภัศศรณ์ ปัญญาสุข	ภาคเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
2. ผศ.ดร.ณิมนาราห์ อยู่คงแก้ว	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
3. นางสาวเชาวนาถ พฤทธิเทพ	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร
4. นายสุริพัฒน์ ไทยเทศ	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร
5. นายฉลอง เกิดศรี	ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท กรมวิชาการเกษตร
6. ดร.นิพนธ์ เอี่ยมสุภาษิต	สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพสัมพันธ์

Editorial Board

Subject: Plant Sciences (Internal)

1. Asst.Prof.Dr.Shermarl Wongchaochant
2. Asst.Prof.Dr.Damrongvudhi Onwimol
3. Assoc.Prof.Dr.Tida Dethoup
4. Asst.Prof.Dr.Benjakhun Sangtongpraow
5. Asst.Prof.Dr.Pattavipha Songkumarn
6. Asst.Prof.Dr.Pechlada Pinjai
7. Asst.Prof.Dr.Passorn Wonnapinij
8. Assoc.Prof.Dr.Pasajee Kongsil
9. Dr.Ramida Krumsri
10. Asst.Prof.Dr.Raksak Sermsak
11. Asst.Prof.Dr.Ratchadawan Ngoenklan
12. Assoc.Prof.Dr.Wanwisa Siriwan
13. Asst.Prof.Dr.Weerachai Matthayatthaworn
14. Asst.Prof.Dr.Weerasin Sonjaroon
15. Assoc.Prof.Dr.Veeranee Tongsri
16. Assoc.Prof.Dr.Supatida Abdullakasim
17. Assoc.Prof.Dr.Atirach Noosidum
18. Dr.Apidet Rakpenthai
19. Assoc.Prof.Dr.Onuma Piasia
20. Asst.Dr.Arunee Wongkaew
21. Assoc.Prof.Dr.Atsalek Rattanawannee
22. Asst.Prof.Dr.Udomsak Lertsuchatavanich

Subject: Plant Sciences (External)

1. Asst.Prof.Dr.Napassorn Panyasuk
2. Asst.Prof.Dr.Nimnara Yookongkaew
3. Miss Chaowanart Phruetthithep
4. Mr.Suripat Thaitad
5. Mr.Chalong Kerdsri
6. Dr.Nipon Iamsupasit

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาสัตว์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รศ.ดร.นันทศักดิ์ ปิ่นแก้ว	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน
2. รศ.ดร.วิริยา ลุ้งใหญ่	ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
3. ผศ.ดร.กนกพร พ่วงพงษ์	ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
4. ผศ.ดร.ดนัย จัตวา	ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
5. ผศ.ดร.พัชร ดนัยสวัสดิ์	ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
6. ผศ.ดร.พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
7. ผศ.ดร.สุขสวัสดิ์ พลพินิจ	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
8. อ.ดร.ภวิกา ลิ้มอุดมพร	ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สาขาสัตว์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. รศ.น.สพ.ดร.กฤษ อังคนาพร	ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผศ.ดร.นฤมล ตันติพิษณุ	สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. อ.ดร.ฐิติพันธุ์ มีมงคลเกียรติ	ภาควิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
4. ดร.ระพีพงษ์ พานิวิวรรธน์	สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารี

Editorial Board

Subject: Animal (Internal)

1. Assoc.Prof.Dr.Nantasak Pinkaew	2. Assoc.Prof.Dr.Wiriya Loongyai
3. Asst.Prof.Dr.Kanokporn Poungpong	4. Asst.Prof.Dr.Danai Jattawa
5. Asst.Prof.Dr.Patchara Danaisawadi	6. Asst.Prof.Dr.Pisit Poolprasert
7. Asst.Prof.Dr.Suksawat Ponpinij	8. Dr.Paviga Limudomporn

Subject: Animal (External)

1. Assoc.Prof.Dr.Kris Angkanaporn	2. Asst.Prof.Dr.Naruemon Tantipisanuh
3. Dr.Thitipan Meemongkolkiat	4. Dr.Rapeepong Panivivat

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาสัตวแพทยศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รศ.สพ.ญ.ดร.ปารียา อุดมกุศลศรี	ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์
2. รศ.น.สพ.ดร.สมชัย สัจจาพิทักษ์	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า คณะสัตวแพทยศาสตร์
3. รศ.น.สพ.ดร.พิษณุ ตุลยกุล	ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์
4. รศ.น.สพ.ดร.มานะกร สุขมาก	ภาควิชาเวชศาสตร์และทรัพยากรการผลิตสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์
5. รศ.น.สพ.ดร.วิน สุรเชษฐพงษ์	ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์
6. ผศ.สพ.ญ.ดร.ชื่นสุมน ลิ้มมานนท์	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์
7. ผศ.สพ.ญ.ดร.นิอร รัตนภพ	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า คณะสัตวแพทยศาสตร์
8. ผศ.สพ.ญ.ดร.สุปภาดา คณานับ	ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์
9. ผศ.สพ.ญ.ดร.วันดี เที่ยงธรรม	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า คณะสัตวแพทยศาสตร์
10. ผศ.สพ.ญ.ดร.สิริรัตน์ นิยม	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์
11. ผศ.สพ.ญ.ดร.ขนิษฐา เพชรอุดมสินสุข	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า คณะสัตวแพทยศาสตร์
12. ผศ.สพ.ญ.ดร.สุภาเพ็ญ ศรีพิบูลย์	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า คณะสัตวแพทยศาสตร์
13. ผศ.สพ.ญ.ดร.จันทร์จิรา ภวภูตานนท์	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์

14. ผศ.สพ.ญ.ดร.วัลยา ผ่องแผ้ว	ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์
15. ผศ.สพ.ญ.ดร.ชลาลัย เรืองหิรัญ	ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์
16. ผศ.น.สพ.ดร.รุ่งเรือง ยอดชีวัน	ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์
17. ผศ.ดร.ปรีดา เลิศวัชระสารกุล	ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์
18. ผศ.ดร.จันทิมา พฤกษากร	ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์
19. ผศ.น.สพ.แสงชัย ยิ่งศักดิ์มงคล	ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์
20. อ.สพ.ญ.ดร.เทพยุดา ศรีตระกูล	ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์

Editorial Board

Subject: Veterinary Medicine (Internal)

1. Assoc.Prof.Dr.Pareeya Udomkusonsri	2. Assoc.Prof.Dr.Somchai Sajapitak
3. Assoc.Prof.Dr.Phitsanu Tulayakul	4. Assoc.Prof.Dr.Manakorn Sukmak
5. Assoc.Prof.Dr.Win Surachetpong	6. Asst.Prof.Dr.Chunsumon Limmanont
7. Asst.Prof.Dr.Niorn Ratanapob	8. Asst.Prof.Dr.Suppada Kananub
9. Asst.Prof.Dr.Wandee Thiangtum	10. Asst.Prof.Dr.Sirirat Niyom
11. Asst.Prof.Dr.Kanittha Phatudomsinsuk	12. Asst.Prof.Dr.Supaphen Sripiboon
13. Asst.Prof.Dr.Janjira Phavaphutanon	14. Asst.Prof.Dr.Wallaya Phongphaew
15. Asst.Prof.Dr.Chalalai Rueanghiran	16. Asst.Prof.Dr.Rungrueang Yodsheewan
17. Asst.Prof.Dr.Preeda Lertwatcharasarakul	18. Asst.Prof.Dr.Chantima Porksakorn
19. Asst.Prof.Sangchai Yingsakmongkon	20. Dr.Tepyuda Sritrakul

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาประมง: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. ดร.ปัทมา ทองกอก	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
2. ผศ.ดร.สันติ พ่วงเจริญ	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
3. ผศ.สมหมาย เจนกิจการ	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
4. ผศ.ดร.ไพลิน จิตรชุ่ม	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
5. รศ.ชัชรี แก้วสุรลิขิต	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
6. รศ.ดร.ธนิษฐา ทรรพนันทน์	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
7. นายสรณัฏฐ์ ศิริสวย	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
8. ผศ.ดร.อิสริยา วุฒิสินธุ์	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
9. ผศ.ดร.พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
10. ผศ.ดร.สุขกฤช นิมิตรกุล	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
11. ผศ.ดร.อนุรักษ์ อุชุวิทยากุล	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
12. ผศ.ดร.รุ่งพฤทธิ์ จงเจริญสุข	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
13. ผศ.ดร.นรธัช ประชุม	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง

14. ดร.วชิระ ใจงาม	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง
15. ผศ.ดร.ธีระพงศ์ ด้วงดี	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง
16. ผศ.ดร.จิตราภรณ์ ฟักโสภา	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง
17. ผศ.ดร.เยาวลักษณ์ มั่นธรรม	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง
18. รศ.ดร.รัฐชา ชัยชนะ	ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม

Editorial Board

Subject: Fisheries (Internal)

1. Dr.Pattama Tongkok	2. Asst.Prof.Dr.Santi Poungcharean
3. Asst.Prof.Sommai Janekitkarn	4. Asst.Prof.Dr.Pailin Jitchum
5. Assoc.Prof.Chatcharee Kaewsuralikhit	6. Assoc.Prof.Dr.Thanitha Darbanandana
7. Mr.Soranuth Sirisuay	8. Asst.Prof.Dr.Idsariya Wudtisin
9. Asst.Prof.Dr.Phongchate Pichitkul	10. Asst.Prof.Dr.Sukkrit Nimitkul
11. Asst.Prof.Dr.Anurak Uchuwittayakul	12. Asst.Prof.Dr.Roongparit Jongjaraunsuk
13. Asst.Prof.Dr.Noratat Prachom	14. Dr.Wachirah Jaingam
15. Asst.Prof.Dr.Teerapong Duangdee	16. Asst.Prof.Dr.Jitraporn Phaksopa
17. Asst.Prof.Dr.Yaowaluk Monthum	18. Assoc.Prof.Dr.Ratcha Chaichana

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รศ.ดร.พิชัย ทองดีเลิศ	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
2. รศ.ดร.พัชราวดี ศรีบุญเรือง	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
3. ผศ.ดร.สุพัตรา ศรีสุวรรณ	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
4. ผศ.ดร.สุภาภรณ์ เลิศศิริ	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
5. ผศ.ดร.ชลาธร จูเจริญ	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
6. ผศ.ดร.ปรีดา สามงามยา	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
7. รศ.ดร.กานต์สุดา วันจันทึก	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
8. รศ.ดร.ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
9. ผศ.ดร.อำพร แจ่มผล	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
10. ผศ.ดร.น้องนุช ศิริวงศ์	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
11. ผศ.ดร.สุจิตตา เรืองรัศมี	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
12. ผศ.ดร.ฤทัย เรืองธรรมสิงห์	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. รศ.ดร.สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช — คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผศ.ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์ — คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. รศ.ดร.ยศ บริสุทธิ์ — คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Editorial Board

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (Internal)

1. Assoc.Prof.Dr.Pichai Tongdeelert
2. Assoc.Prof.Dr.Patcharavadee Sriboonruang
3. Asst.Prof.Dr.Supattra Srisuwan
4. Asst.Prof.Dr.Supaporn Lertsiri
5. Asst.Prof.Dr.Chalathon Choocharoen
6. Asst.Prof.Dr.Preeda Samngamya
7. Assoc.Prof.Dr.Kansuda Wunjuntuk
8. Assoc.Prof.Dr.Parisut Chalermchaiwat
9. Asst.Prof.Dr.Amporn Jamphon
10. Asst.Prof.Dr.Nongnuch Siriwong
11. Asst.Prof.Dr.Sujitta Raungrusmee
12. Asst.Prof.Dr.Rutai Ruangthamsing

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (External)

1. Assoc.Prof.Dr.Somsak Kuhaswonvetch
2. Asst.Prof.Dr.Duangkamol Panrosthip Thunmathiwat
3. Assoc.Prof.Dr.Yos Borisutdhi

ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กระทรวงดิจิทัล เพื่อเศรษฐกิจและสังคม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยกลุ่มเครือข่ายวิจัยประชาชื่น สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จัดให้มีการประชุมทางวิชาการครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปีพุทธศักราช ๒๕๖๘ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นประสบการณ์และเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยสาขาต่าง ๆ สู่สาธารณชน

เพื่อให้การประชุมทางวิชาการครั้งที่ ๖๓ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพและบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังต่อไปนี้

คณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ

๑.	นายกสภามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒.	ปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม	ที่ปรึกษา
๓.	ปลัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม	ที่ปรึกษา
๔.	ปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ที่ปรึกษา
๕.	ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ	ที่ปรึกษา
๖.	ปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์	ที่ปรึกษา
๗.	ผู้อำนวยการสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม	ที่ปรึกษา
๘.	ผู้อำนวยการสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ	ที่ปรึกษา
๙.	ประธานกลุ่มมหาวิทยาลัยเครือข่ายวิจัยประชาชื่น	ที่ปรึกษา
๑๐.	อธิบดีกรมการข้าว	ที่ปรึกษา
๑๑.	อธิบดีกรมชลประทาน	ที่ปรึกษา
๑๒.	อธิบดีกรมประมง	ที่ปรึกษา
๑๓.	อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน	ที่ปรึกษา
๑๔.	อธิบดีกรมปศุสัตว์	ที่ปรึกษา
๑๕.	อธิบดีกรมส่งเสริมการเกษตร	ที่ปรึกษา
๑๖.	อธิบดีกรมวิชาการเกษตร	ที่ปรึกษา
๑๗.	อธิบดีกรมป่าไม้	ที่ปรึกษา
๑๘.	อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ	ที่ปรึกษา
๑๙.	อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี	ที่ปรึกษา
๒๐.	อธิบดีกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง	ที่ปรึกษา
๒๑.	อธิบดีกรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม	ที่ปรึกษา
๒๒.	อธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช	ที่ปรึกษา

๒๓. ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	ที่ปรึกษา
๒๔. นายกสมาคมนิสิตเก่ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	ที่ปรึกษา
๒๕. ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาธุรกิจสหกรณ์ กรมส่งเสริมสหกรณ์ (นางสาวอุบลวรรณ พัฒนลาภ)	ที่ปรึกษา
๒๖. อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธานกรรมการ
๒๗. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและความเป็นสากล	รองประธานกรรมการ
๒๘. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและการเรียนรู้ตลอดชีวิต	รองประธานกรรมการ
๒๙. รองอธิการบดีฝ่ายบริหารและความเป็นกลางทางคาร์บอน	กรรมการ
๓๐. รองอธิการบดีฝ่ายเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์	กรรมการ
๓๑. รองอธิการบดีฝ่ายนวัตกรรมและพันธกิจเพื่อสังคม	กรรมการ
๓๒. รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนิสิตและพัฒนาอย่างยั่งยืน	กรรมการ
๓๓. รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาคุณภาพและระบบฐานข้อมูล	กรรมการ
๓๔. รองอธิการบดีฝ่ายการเงินและบริหารทรัพย์สิน	กรรมการ
๓๕. รองอธิการบดีฝ่ายทรัพยากรมนุษย์และยุทธศาสตร์	กรรมการ
๓๖. รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาวิทยาศาสตร์สุขภาพ และเขตพื้นที่สุพรรณบุรี	กรรมการ
๓๗. รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน	กรรมการ
๓๘. รองอธิการบดีวิทยาเขตศรีราชา	กรรมการ
๓๙. รองอธิการบดีวิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร	กรรมการ
๔๐. คณบดีคณะเกษตร	กรรมการ
๔๑. คณบดีคณะประมง	กรรมการ
๔๒. คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์	กรรมการ
๔๓. คณบดีคณะเทคนิคการสัตวแพทย์	กรรมการ
๔๔. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	กรรมการ
๔๕. คณบดีคณะสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
๔๖. คณบดีคณะวนศาสตร์	กรรมการ
๔๗. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
๔๘. คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	กรรมการ
๔๙. คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
๕๐. คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์	กรรมการ
๕๑. คณบดีคณะบริหารธุรกิจ	กรรมการ
๕๒. คณบดีคณะศึกษาศาสตร์	กรรมการ
๕๓. คณบดีคณะสังคมศาสตร์	กรรมการ
๕๔. คณบดีคณะมนุษยศาสตร์	กรรมการ
๕๕. คณบดีคณะแพทยศาสตร์	กรรมการ
๕๖. คณบดีคณะพยาบาลศาสตร์	กรรมการ
๕๗. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย	กรรมการ
๕๘. ผู้อำนวยการสำนักหอสมุด	กรรมการ
๕๙. ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาการเรียนรู้ตลอดชีวิต	กรรมการ
๖๐. ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์	กรรมการ

๖๑. นายกสมาคมปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืชแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๖๒. นายกสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพสัมพันธ์	กรรมการ
๖๓. นายกสัตวแพทยสภา	กรรมการ
๖๔. นายกสัตวแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	กรรมการ
๖๕. นายกสมาคมสัตวแพทยผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์ แห่งประเทศไทย	กรรมการ
๖๖. นายกสมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์	กรรมการ
๖๗. นายกสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๖๘. นายกสภาวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๖๙. นายกสมาคมสถาบันอุดมศึกษาสิ่งแวดล้อมไทย	กรรมการ
๗๐. นายกสมาคมเศรษฐศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	กรรมการ
๗๑. นายกสมาคมเศรษฐศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
๗๒. นายกสมาคมศิษย์เก่าเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ	กรรมการ
๗๓. นายกสมาคมการตลาดแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๗๔. นายกสมาคมนักสังคมวิทยาและนักมานุษยวิทยาสยาม	กรรมการ
๗๕. นายกสมาคมสังคมวิทยาสาธารณะ ประเทศไทย	กรรมการ
๗๖. นายกสมาคมจิตวิทยาแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๗๗. นางสาวฉัตรฉวี คงดี (ผู้ช่วยผู้อำนวยการส่วนงานสื่อสารระบบ ววน. เชิงกลยุทธ์ สกสว.)	กรรมการ
๗๘. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการและเลขานุการ
๗๙. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายบริหาร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๘๐. หัวหน้าสำนักงานเลขานุการ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๘๑. นางสาวพิชชาอรฐ์ สิริชีวเกษร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการมีหน้าที่ ให้ข้อคิดเห็นและอำนวยการให้การจัดการประชุมทางวิชาการครั้งที่ ๖๓ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

๑. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและความเป็นสากล	ที่ปรึกษา
๒. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและการเรียนรู้ตลอดชีวิต	ที่ปรึกษา
๓. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ที่ปรึกษา
๔. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายบริหาร	ประธานกรรมการ
๕. นางสาวพิชชาอรฐ์ สิริชีวเกษร	กรรมการและเลขานุการ

๖. นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณทีป	ผู้ช่วยเลขานุการ
๗. นางสาวพัชราภา รัตนวิญญูภิรมย์	ผู้ช่วยเลขานุการ

๘. กรรมการหมวดวิชาการเกษตรศาสตร์

๘.๑ สาขาพืช

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาริชาติ พรมโชติ	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ภัศจี คงศีล	รองประธานกรรมการ
๓. รองศาสตราจารย์เฉลิมพล ภูมิไชย์	กรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์ชูศักดิ์ จอมพุก	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์ธิดา เดชฮวบ	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์เนตรนภิส เขียวขำ	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ปิติพงษ์ โตบันลือภพ	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์พัชรียา บุญกอแก้ว	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์วรชาติ วิศวพิพัฒน์	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์ศุภธิดา อับดุลลากาซิม	กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม	กรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์สุตเขตต์ นาคะเสถียร	กรรมการ
๑๓. รองศาสตราจารย์เสาวนุช ถาวรพฤกษ์	กรรมการ
๑๔. รองศาสตราจารย์อรอุมา เพียซ้าย	กรรมการ
๑๕. รองศาสตราจารย์เอกพันธ์ ไกรจักร์	กรรมการ
๑๖. รองศาสตราจารย์อัศเลข รัตนวรรณี	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจนา บุญเรือง	กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรีรัตน์ ฉันทวุฒิพร	กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ ร่มแก้ว	กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุติภรณ์ ทัสสกุลพนิช	กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจนจิรา ชุมภูคำ	กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมชาติ วงศ์ลี้เจริญ	กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์	กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล	กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงยศ โชติชุติมา	กรรมการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์	กรรมการ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนพล ไชยแสน	กรรมการ
๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพ ตัณมุขยกุล	กรรมการ
๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญญา มะโนชัย	กรรมการ
๓๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปริยานุช จุลกะ	กรรมการ
๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปวีณา ชื่นวาริน	กรรมการ
๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะ กิตติภาดากุล	กรรมการ
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ	กรรมการ
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพชรดา ปินใจ	กรรมการ
๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิจิตรา แก้วสอน	กรรมการ
๓๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัสสร วรรณพินิจ	กรรมการ

๓๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รักศักดิ์ เสริมศักดิ์	กรรมการ
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชฎาวรรณ เงินกลั่น	กรรมการ
๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณสิริ วรรณรัตน์	กรรมการ
๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร	กรรมการ
๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์	กรรมการ
๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจินต์ เจนวีรวัฒน์	กรรมการ
๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ กาเซ็ม	กรรมการ
๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรพงษ์ ดำรงกิตติกุล	กรรมการ
๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนงค์นุช สาสนรักกิจ	กรรมการ
๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณี วงษ์แก้ว	กรรมการ
๔๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัญมณี อาวุชานนท์	กรรมการ
๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัณณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์	กรรมการ
๔๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อารยา อาจเจริญ เทียนหอม	กรรมการ
๕๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช	กรรมการ
๕๑. นายเจตษฎา อุตรพันธ์	กรรมการ
๕๒. นางสาวนิตยา ชูเกาะ	กรรมการ
๕๓. นางสาวภารดี ธรรมาภิชัย	กรรมการ
๕๔. นางสาวรมิดา กรำศรี	กรรมการ
๕๕. นายอภิเดช รักษ์เป็นไทย	กรรมการ
๕๖. นายสุกนต์ธี แดงนุ้ย	กรรมการและเลขานุการ

๘.๒ สาขาสัตว์

๑. คณบดีคณะเกษตร	ที่ปรึกษา
๒. นายกสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี	ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์พรรณวดี โสพรรณรัตน์	ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี	รองประธานกรรมการ
๕. เลขาธิการสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	กรรมการ
๖. ศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์วิริยา ลุ้งใหญ่	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์ธีรวิทย์ เป่ยคำภา	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์อัจฉรา ขยัน	กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์ชาญวิทย์ แก้วตาปี	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกพร พ่วงพงษ์	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชาว์วิทย์ ระฆังทอง	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ธร คงมั่น	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ สโรช แก้วมณี	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดนัย จัตวา	กรรมการ
๑๗. สัตวแพทย์หญิง มัธย์ฤน โล่ทอง	กรรมการ

๑๘. นายสัตวแพทย์ เสวก เกียรติสมภพ	กรรมการ
๑๙. นายสมบัติ ประสงค์สุข	กรรมการ
๒๐. นางสาวอัญชลี บวดขุนทด	กรรมการ
๒๑. นางสาวนิภารัตน์ โคตะนนท์	กรรมการ
๒๒. นางสาวทิพย์มนต์ ใยเกษ	กรรมการ
๒๓. นายพัลลภ ตั้งตระกูลทรัพย์	กรรมการ
๒๔. นายพีรยุทธ นิลชื่น	กรรมการ
๒๕. นางสาวพนัดดา บึงศรีสวัสดิ์	กรรมการและเลขานุการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ก. ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ	กรรมการและเลขานุการ
๒๗. นางสาววัชราภรณ์ ศรีพลน้อย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๘. นางสาวสุภาพร ย้อนโคกสูง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๙. นางสาวพิจิตรา เปียธัญญา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๐. นายพัทธ์ดนัย ไดนา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๘.๓ สาขาประมง

๑. คณบดีคณะประมง	ที่ปรึกษา
๒. รองศาสตราจารย์วันชัย วรวัฒนเมธีกุล	ประธานกรรมการ
๓. รองศาสตราจารย์วราห์ เทพาหุดี	กรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์ประพันธ์ศักดิ์ ศิรษะภูมิ	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์กังสดาลย์ บุญปราบ	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์จินตนา สและน้อย	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมธี แก้วเนิน	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรี ครูขยัน	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถิรวัฒน์ รายรัตน์	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิต ฉัตรชัยพันธ์	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาย วรชนะนันท์	กรรมการ
๑๒. หัวหน้าศูนย์บริหารงานวิจัยและสนับสนุนวิชาการ	กรรมการ
๑๓. นางสาวณัฏฐิกาฑ์ เหมภัทรสุวรรณ	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนัสพงษ์ โภควนิช	กรรมการและเลขานุการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สันติ พ่วงเจริญ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๖. นางสาวกาญจนา ทองเครือ	ผู้ช่วยเลขานุการ
๑๗. นางสาวสุมิตตรา สุพรรณ์นอก	ผู้ช่วยเลขานุการ

๘.๔ สาขาสัตวแพทยศาสตร์

๑. คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง สิริรัตน์ นิยม	ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง กานต์สุดา ลีฬหาพงศธร	ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ศิรินทร์ ธีระวัฒนศิริกุล	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ สมชัย สัจจาพิทักษ์	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ เมธา จันดา	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ พิษณุ ตุลยกุล	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์เกษริน ขำยิ่งเกิด	กรรมการ

๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ อาสูตร สงวนเกียรติ	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ชื่นสุมน ลิ้มมานนท์	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นวลอนงค์ สินวัต	กรรมการ
๑๒. สัตวแพทย์หญิง สุขุมาล พฤกษ์อุดม	กรรมการ
๑๓. นายสัตวแพทย์ นรุตม์ ทะนานทอง	กรรมการ
๑๔. นายวงศ์วิศว์ เจริญผล	กรรมการและเลขานุการ
๑๕. นางสาวญาดา หาญปัญญาพิชิต	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๖. นางสาววริศรา มารยาท	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๗. นางสาวสุพิชชา ดันนอก	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๘.๕ 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. นางสาวนริศรา อินทะสิริ	ประธานกรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์กานต์สุดา วันจันทึก	รองประธานกรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์พิชัย ทองดีเลิศ	กรรมการ
๑๓. ศาสตราจารย์พัชราวดี ศรีบุญเรือง	กรรมการ
๑๔. รองศาสตราจารย์ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์	กรรมการ
๑๕. รองศาสตราจารย์สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พนามาศ ตรีวรรณกุล	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพัตรา ศรีสุวรรณ	กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธานินทร์ คงศิลา	กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชลาธร จูเจริญ	กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมตตา เร่งขวนขวาย	กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปพิชญา จินตพิทักษ์สกุล	กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดา สามงามยา	กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร	กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรันยา เผือกผ่อง	กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้องนุช ศิริวงศ์	กรรมการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจิตตา เรืองรัศมี	กรรมการ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำพร แจ่มผล	กรรมการ
๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริพร เรียบร้อย คิม	กรรมการ
๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งทิพย์ ลุยเลา	กรรมการ
๓๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุติมา ชวลิตมณเฑียร	กรรมการ

๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัลภา แต้มทอง	กรรมการ
๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรานุช เลิศวัฒนารักษ์	กรรมการ
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กรกฎ แพทย์หลักฟ้า	กรรมการ
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิภูษณะ ศุภนคร	กรรมการ
๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต	กรรมการ
๓๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทิพวรรณ ดวงปัญญา	กรรมการ
๓๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฤทัย เรืองธรรมสิงห์	กรรมการ
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาวิตรี พังงา	กรรมการ
๓๙. นางทิพากร ม่วงถึก	กรรมการ
๔๐. นางสาววสพร นิชรัตน์	กรรมการ
๔๑. นางสุขกมล ปัญญาจันทร์	กรรมการ
๔๒. นางศรัญญา ศรีโยธิน	กรรมการ
๔๓. นางสาวพิมพ์อร สุขแล้ว	กรรมการ
๔๔. รองศาสตราจารย์พัชราวดี ศรีบุญเรือง	กรรมการและเลขานุการ
๔๕. นายเสถียร แสงแถวทิม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๖. นางสาวปัณฑารีย์ ศิริชัย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๗. นางสาวสุภิญญา ขาวผ่อง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๘. นางภิญญาพัชญ์ โทนหงส์ษา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๙. นางสาวมณินทร เดชแห้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๐. นางสาวกรรณิกา พุ่มสาหร่าย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๑. นายภูคิษฐ์คมณ์ แสงตรีเพชรกล้า	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๒. นางสาวสวรรญา แย้มวันเพ็ง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๓. นายสหภาพ ศรีโท	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๔. นางสาวรจนา สังข์ทอง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙ กรรมการหมวดวิชาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

๙.๑ สาขาวิทยาศาสตร์

๑. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. ศาสตราจารย์อรินทิพย์ ธรรมชัยพิเนต	ประธานกรรมการ
๓. รองศาสตราจารย์พิทักษ์ เชื้อวงศ์	รองประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์จิรโรจน์ ต.เทียนประเสริฐ	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์เกียรติศักดิ์ แสนบุญเรือง	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์พงศ์เทพ ประจงทัศน์	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์วชิรญาณ์ ธงอาสา	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์โชติกา หยกทองวัฒนา	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์ปกรณ์ วรรธนะอมร	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์ฉัตรชัย เงินแสงสรวย	กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ	กรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์ศิริกาญจนา ทองมี	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์แคทลียา ดาวสุด	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธรรมกร แซ่ตั้ง	กรรมการ

๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลัดดา แต่งวัฒนานุกูล	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริญญา ธีระอนันต์ชัย	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุรีภรณ์ เชื้อดวงผุย	กรรมการ
๑๘. นายวรพงศ์ สิงห์ชาติ	กรรมการ
๑๙. นางสาวรอยพิมพ์ ธนานุศักดิ์	กรรมการ
๒๐. นางสาวพรทิพย์ บุญมหามงคล	กรรมการและเลขานุการ
๒๑. นายรัฐพันธ์ ตรงวิวัฒน์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๒. นายสาธิต ประเสริฐมานะกิจ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๓. นายวิธวัช หงษ์ตะกูล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔. ว่าที่ร้อยตรีหญิง ผุสดี แสนชอบ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๒ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

๑. คณบดีคณะแพทยศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. ศาสตราจารย์เกียรติคุณ พลตรีหญิง เสาวนีย์ ลีละยูวะ	ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พลตรีหญิง จันทราภา ศรีสวัสดิ์	ที่ปรึกษา
๔. รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ พิงควรรศ คงมาลัย	ประธานกรรมการ
๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เภสัชกรหญิง วิภาพร ขจรวงศ์วัฒนา	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐเมธี เครือภูงา	กรรมการ
๗. นางสาวธัญวรินทร์ ฐิติภัทรภูวนนท์	กรรมการ
๘. นายสัตวแพทย์ สพล เสมเสริมบุญ	กรรมการ
๙. นายวันฉัตร ศิริสาร	กรรมการ
๑๐. นายวิทวัส ศรีแก้วณวรรณ	กรรมการ
๑๑. นายนาวิน จันทรา	กรรมการและเลขานุการ
๑๒. นางทิพย์ระวี รัศมีพงศ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๓. นางสาวณิชกานต์ พุทธสูงเนิน	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๔. นางสาวพรภัทรา สองรักษ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๓ สาขาวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

๑. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์สิริพล อนันตวรสกุล	ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์นวลวรรณ ทวยเจริญ	รองประธานกรรมการ
๕. ศาสตราจารย์ธงไทย วิฑูรย์	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์วรดร วัฒนพานิช	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์อภินิติ โชติสังกาศ	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์อรทัย จงประทีป	กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน	กรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์กฤษณะ ไวยมัย	กรรมการ
๑๓. รองศาสตราจารย์ชินธันย์ อารีประเสริฐ	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กษิดิศ พนมสุวรรณ	กรรมการ

๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิตางศุ์ พิลัยหล้า	กรรมการ
๑๖. นางสาวศุภัชชา ชัยเมธานันท์	กรรมการ
๑๗. นางสาวสุทัตตา พาหุมันโต	กรรมการและเลขานุการ
๑๘. นางสาวสหพร แบบประดับ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๙. นางสาวพัชรียา บุบผาชาติ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๐. นางสาวขวัญกมล บุญโปร่ง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๔ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

๑. รองศาสตราจารย์อุลัยวรรณ์ วิทยเกียรติ	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์นพรัตน์ ปราบสงบ	รองประธานกรรมการ
๓. นางสาวชนนิกานต์ ศรีกัลยา	กรรมการ
๔. นางสาวพรสิริ ชาติปรีชา	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์กิติญา วงษ์คำจันทร์ โอราน	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์ประกิต สุขใย	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์วราภรณ์ บุญทรัพย์ทิพย์	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์สุดสาย ตรีวานิช	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัจฉรา เกษสุวรรณ	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐทินี บำบัดสรรพโรค	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขนิษฐา วัชราภรณ์	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณภัทร พรหมเพ็ญ	กรรมการ
๑๓. นางสาวฐิตาภรณ์ ตัมพานุวัตร	กรรมการ
๑๔. นายธีระ ธุระกิจ	กรรมการ
๑๕. นางสาวจารุพร รักใหม่	กรรมการ
๑๖. นางสาวนัฏพร ขนุนก้อน	กรรมการ
๑๗. นางสาวฐิติพร แก้วเพ็ชร	กรรมการและเลขานุการ
๑๘. นางสาวดวงสมร โตเปี้ยว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๙. นางสาวอัญชนา ชมภูแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๕ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

๑. คณบดีคณะสิ่งแวดล้อม	ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะวนศาสตร์	ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรอนงค์ ผิวนิล	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาสิณี วรชนะนันท์	รองประธานกรรมการ
๕. รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ คณะวนศาสตร์	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์แสงสรรค์ ภูมิสถาน	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์ชลอ จารุสุทธิรักษ์	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์รัฐชา ชัยชนะ	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิติชัย รัตนะ	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชเรศร์ ชคัตตรัยกุล	กรรมการ

๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาวิตรี พิสุทธิ์พิเชฎฐ์	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภศิษย์ ศรีอักขรินทร์	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วาทินี สวนผกา	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขรรค์ชัย ประสานัย	กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติชัย ดวงมาลย์	กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร	กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพวรรณ เสมวิมล	กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนิศร์ ปัทมพิฑูร	กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธัญภัสสร์ ทองเย็น	กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปวีร์ คล่องเวสสะ	กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาคภูมิ ชูมณี	กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรพงษ์ วาระรัมย์	กรรมการ
๒๖. นายณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์	กรรมการ
๒๗. นายฉัตรพรรษ พงษ์เจริญ	กรรมการ
๒๘. นางสาวกนกภรณ์ แก้วสง	กรรมการ
๒๙. นายพรชัย กลัดวงษ์	กรรมการ
๓๐. นายอลงกรณ์ อินทรักษา	กรรมการ
๓๑. นางสาวแอน กำภู ณ อยุธยา	กรรมการ
๓๒. นายสุธี จรรยาสุทธิวงศ์	กรรมการ
๓๓. นางสาวมณีกาญจน์ อยู่เอี่ยม	กรรมการ
๓๔. นางสาวอาทิตยา ช่างด้วง	กรรมการ
๓๕. นายภาคิน มาสกุลรัตน์	กรรมการ
๓๖. นางณิชชา ประจันตะเสน	กรรมการและเลขานุการ
๓๗. นางวราภรณ์ ลำใย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๘. นางสาวจินตลา กลิ่นหวล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๙. นางสาวศิรภัสสร ชมเชย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๐. นางสาวเสาวลักษณ์ บัวจันทร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๑. นางมธุรา อ่างแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐. กรรมการหมวดวิชาการมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศึกษาศาสตร์

๑๐.๑ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ

๑. คณบดีคณะบริหารธุรกิจ	ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์	ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์พลวัฒน์ เลิศกุลวัฒน์	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนาภรณ์ อธิปัญญากุล	รองประธานกรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์วรัญพงศ์ บุญศิริธรรมชัย	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์วุฒิไกร งามศิริจิตต์	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ธงชัย ศรีวรรธนะ	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์อิสริยา บุญญะศิริ	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์อิทธิพงศ์ มหาธนเศรษฐ์	กรรมการ

๑๐. รองศาสตราจารย์วิจิตต์ศรี สงวนวงศ์	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐวุฒิ คูวัฒนเธียรชัย	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภสม สินเพิ่มสุขสกุล	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สัณหะ เหมวนิช	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกอร สีมานนท์	กรรมการ
๑๕. นางสาวจุมทิพย์ เสนีย์รัตนประยูร	กรรมการ
๑๖. นางสาวณิธิชา ธรรมธนากูล	กรรมการ
๑๗. นางสาวศศิเพ็ญ ภูวพานิช	กรรมการ
๑๘. นางสาวกรรณิกา มิตรปล้อง	กรรมการ
๑๙. นายห้องศิลป์ ศรีเกตุ	กรรมการ
๒๐. นางสาวธัญลักษณ์ เพ็งพินิจ	กรรมการและเลขานุการ
๒๑. นางเบญจมาศ แย้มพลอย	กรรมการและเลขานุการ
๒๒. นางสาวปรารถนา ประสงค์สิน	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๓. นางสาวอรการณ์ วีระชยาภรณ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔. นางสาวอารีย์ สี่แสงมุข	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๕. นางสาวฐานิดา สุดดีพงษ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๖. นางสาวสุนีย์ ณ นคร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๗. นางสาวจีรนันท์ เกิดผาสุข	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๘. นางสาวปราณี น่วมสำลี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๙. นางสาวกานต์ธีรา พิมพาภรณ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๐. นางสาวธนวรรณ กล้วยเครือ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๑. นางสาวธันยาภัทร์ อมรพีรพัฒน์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๒. นางสาวนันทิชา ยิ้มประเสริฐ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๓. นางสาวมิ่งขวัญ มบขุนทด	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๔. นางสาวรัตติยา สาระโท	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๕. นางสาวภีรตา รัตนสิงหกุล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๖. นางสาวรุจาภา แว่นแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๗. นางสาวสมพิศ ทิมเทศ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๘. นางสาวจินตนา บุญสุวรรณ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๙. นางสาวนิสรา รุ่งเรือง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๐. นางสาวกัญจน์ณัฏฐ์ อยู่ถนอม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๑. นางสาววรรณนิภา ชาวนา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๒. นางสาวพรสุดา แตงจาด	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๓. นางสาวนงลักษณ์ จงกฎ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๔. นางสาวสุกัญญา ใบกาวิน	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๕. นางสาวอริสรา กันยา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๖. นางสาวอาริสา ธนสินภาคิน	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๗. นางสาวอรัญณี ทองจันทร์แก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๘. นางสุรัตน์ อิ่มสุข	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๙. นายทองปาน ขันตีกรม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๕๐. นายฉัตรชัย พ่วงพลับ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๑. นายพัฒนพงษ์ นวมทอง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๒. นายนพคุณ สำราญ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๓. นายศุภวัชร์ ทนันชัย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๔. นายอัครพัชร์ ธนากุลรัศมี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๕. นายภคพงศ์ พวงศรี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๖. นายสมชาย ตามบุญ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๗. นายสัญชัย ทองขาว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๘. นายปิติศักดิ์ อุปสุข	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐.๒ สาขาศึกษาศาสตร์

๑. คณบดีคณะศึกษาศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. รองศาสตราจารย์ชาตรี ฝ่ายคำตา	ประธานกรรมการ
๓. รองศาสตราจารย์ภัทรวรรธน์ จีรพัฒน์ธนธร	รองประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนนันท์ ธนารัชตะภูมิ	รองประธานกรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์ณัฐพล รำไพ	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์จีระวรรณ เกษสิงห์	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรเดช ศรีทา	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญเลิศ อุทยานิก	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐิกา เพ็งลี	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร	กรรมการ
๑๑. นางสาวจิตติมา พิศาภาค	กรรมการ
๑๒. นายชาครีย์ เกิดสมบูรณ์	กรรมการ
๑๓. นายเดชศิริ โนภาส	กรรมการ
๑๔. นายวรัญญู ฉายาบรรณ์	กรรมการ
๑๕. นายสกล ตั้งเก้าสกุล	กรรมการ
๑๖. นางสาวสุวรรณา ปรมาพจน์	กรรมการและเลขานุการ
๑๗. นายณรงค์ศักดิ์ หวังรัตนปราณี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๘. นายธีระภัณฑ์ ศิริสุวรรณ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐.๓ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

๑. คณบดีคณะมนุษยศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะสังคมศาสตร์	ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์นัทธนัย ประสานนาม	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมขวัญ สิงห์วี	รองประธานกรรมการ
๕. นางสาวพรรณรัตน์ ดิษฐ์เจริญ	รองประธานกรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทนุช อุดมละมุล	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พณิตา กุลสิริสวัสดิ์	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สายทิพย์ เหล่าทองมีสกุล	กรรมการ
๙. นางสาวจริยา สุพรรณ	กรรมการ
๑๐. นางสาวดารารัตน์ ซิ้มพัฒนวงษ์	กรรมการ
๑๑. นางสาวผาณิตา ชัยดิเรก	กรรมการ

๑๒. นางสาวศรีวรรณ บุญประเสริฐ กรรมการและเลขานุการ
๑๓. นางสาวพิทชญา คุ้มวงษา กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๔. นางสาวรสิตา กลางประพันธ์ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการมีหน้าที่ จัดการเสนอผลงานในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดหน้าที่รับผิดชอบ กำหนดแนวทางการคัดเลือกผลงานที่นำมาเสนอ และรับนโยบายจากคณะกรรมการอำนวยการ มาปฏิบัติให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะกรรมการฝ่ายบริหารจัดการประชุมทางวิชาการ

๑. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและความเป็นสากล ที่ปรึกษา
๒. ผู้อำนวยการสำนักบริหารการศึกษา ที่ปรึกษา
๓. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประธานกรรมการ
๔. ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์ ประธานกรรมการร่วม
๕. ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาการเรียนรู้ตลอดชีวิต ประธานกรรมการร่วม
๖. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและ แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายบริหาร รองประธานกรรมการ
๗. ประธานฝ่ายเลขานุการ (นางอัจฉราวรรณ คล้องช้าง) กรรมการ
๘. ประธานฝ่ายสารสนเทศ (รักษาการแทนผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์) กรรมการ
๙. ประธานฝ่ายสถานที่ (รักษาการแทนผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์) กรรมการ
๑๐. ประธานฝ่ายประชาสัมพันธ์ (นางผกามาศ ธนพัฒนพงศ์) กรรมการ
๑๑. ประธานฝ่ายโสตทัศนูปกรณ์ (นายสุวิทย์ คำแสง) กรรมการ
๑๒. ประธานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ (รักษาการแทนรองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายเผยแพร่งานวิจัย) กรรมการ
๑๓. ประธานฝ่ายการเงิน (ผู้อำนวยการกองคลัง) กรรมการ
๑๔. ประธานร่วมฝ่ายการเงิน (นางสาววรรณวิมล ราชอุปนันท์) กรรมการ
๑๕. ประธานฝ่ายประเมินผล (นายปฏิภักดิ์ ปัญญาพูนตระกูล) กรรมการ
๑๖. ประธานฝ่ายจัดการฐานข้อมูล (ผู้อำนวยการสำนักหอสมุด) กรรมการ
๑๗. นายปฏิภักดิ์ ปัญญาพูนตระกูล กรรมการและเลขานุการ
๑๘. นายพลากร คำแก้ว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการมีหน้าที่ ประสานงาน ดำเนินการ และอำนวยความสะดวกการจัดประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ โดยประสานงานกับคณะกรรมการอำนวยการ และคณะกรรมการฝ่ายวิชาการเพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงและเป็นไปด้วยความเรียบร้อย ซึ่งประธานแต่ละฝ่ายสามารถพิจารณาคัดเลือก และแต่งตั้งกรรมการภายในฝ่ายได้เอง หากต้องการจัดทำเป็นคำสั่งเพิ่มเติม ให้แต่งตั้งเป็นคำสั่งของส่วนงานในสังกัด

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไปโดยมีวาระ ๑ ปี

ประกาศ ณ วันที่ ๒๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๗

(นายจงรัก วัชรินทร์รัตน์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม)

อนุสนธิประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลงวันที่ ๒๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๗ นั้น

เพื่อให้การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม) ดังนี้

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

๑๐. กรรมการหมวดวิชาการมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศึกษาศาสตร์

๑๐.๑ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ

๑.	นางสาวกมลวรรณ ทองคุ้ม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒.	นางสาวสุวนีย์ ณ นคร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๑. คณะกรรมการโดยสมาคมวิชาการ วิชาชีพ

๑.	รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง กนกอร เอื้อเกษมสิน แอนตร้าดรี รีคิชะ ฟีเร้ยระ	กรรมการ
๒.	รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง รสมา ภู่สุนทรธรรม	กรรมการ
๓.	รองศาสตราจารย์อุมา ลางคุลเสน	กรรมการ
๔.	รองศาสตราจารย์สุชาติ เหลืองประเสริฐ	กรรมการ
๕.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเมธ วงศ์เขียว	กรรมการ
๖.	นางสาวเชาวนาถ พฤทธิเทพ	กรรมการ
๗.	นางสาวศยามล เจริญรัตน์	กรรมการ
๘.	นางสาวศศิธร ศิลป์วุฒยา	กรรมการ
๙.	นายฉลอง เกิดศรี	กรรมการ
๑๐.	นายนิพนธ์ เอี่ยมสุภาสิต	กรรมการ
๑๑.	นายพิษณุ ปันนะราชา	กรรมการ
๑๒.	นายวิชา ธิติประเสริฐ	กรรมการ
๑๓.	นายสุริพัฒน์ ไทยเทศ	กรรมการ
๑๔.	นายเอี่ยมชาติ วิศิษฐชัยชาญ	กรรมการ

โดยให้คณะกรรมการมีหน้าที่ ตามประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลงวันที่ ๒๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๗

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๓ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๗

(นายดำรงค์ ศรีพระราม)
รองอธิการบดีฝ่ายบริหารและความเป็นกลางทางคาร์บอน
ปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม ครั้งที่ 2)

อนุสนธิประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลงวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 และประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม) ลงวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2567 นั้น

เพื่อให้การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม ครั้งที่ 2) ดังนี้

คณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ

1.	นายกสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	กรรมการ
2.	นายกสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย	กรรมการ
3.	นายกสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย	กรรมการ
4.	นายกสมาคมสภาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
5.	นายกสมาคมหลักสูตรและการสอนแห่งประเทศไทย	กรรมการ

โดยให้คณะกรรมการมีหน้าที่ ตามประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลงวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2567

(นายจงรัก วัชรินทร์รัตน์)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม ครั้งที่ ๓)

อนุสนธิประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลงวันที่ ๒๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๗ ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม) ลงวันที่ ๑๓ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๗ และประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม ครั้งที่ ๒) ลงวันที่ ๒๗ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๗ นั้น

เพื่อให้การจัดการประชุมทางวิชาการดังกล่าว ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม ครั้งที่ ๓) ดังนี้

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

๑๑. คณะกรรมการโดยสมาคมวิชาการ วิชาชีพ

๑. รองศาสตราจารย์สิรี ชัยเสรี กรรมการ

๒. นางสาวทิพย์วรรณ ปริญญาศิริ กรรมการ

โดยให้คณะกรรมการมีหน้าที่ ตามประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลงวันที่ ๒๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๗

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๙ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๘

(นายดำรงค์ ศรีพระราม)
รองอธิการบดีฝ่ายบริหารและความเป็นกลางทางคาร์บอน
ปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำสั่งสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่ ๗๓/๒๕๖๗
เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อให้การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๓ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงให้แต่งตั้งคณะทำงานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ ดังรายนามต่อไปนี้

๑. ผู้รักษาการแทนรองผู้อำนวยการฝ่ายเผยแพร่งานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธานคณะทำงาน
๒. นางสาวทิสยา ทิศเสถียร	คณะทำงาน
๓. นางสาววนิดา รัตตมณี	คณะทำงาน
๔. นายวิทวัส ยุทธโกศา	คณะทำงาน
๕. นางสาวมณฑา ปานทิม	คณะทำงาน
๖. นางสาวพิชชาอรฐ์ สิริชีวเกษร	คณะทำงานและเลขานุการ
๗. นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณทีป	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ
๘. นางสาวพัชราภา รัตนวิญญูภิรมย์	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะทำงานชุดนี้ มีหน้าที่ ดำเนินการผลิตสื่อวิชาการ อาทิ สื่อประชาสัมพันธ์งานประชุมวิชาการ สื่อข้อกำหนดต่างๆ จัดทำกำหนดการ หนังสือสูจิบัตร หนังสือรวบรวมบทคัดย่อ (Book of Abstracts) หนังสือตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่องเต็ม (E-Proceedings) การประสานงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ รวมไปถึงการผลิตสื่อมัลติมีเดียและการถ่ายทอดสดงานประชุม โดยประสานงานกับฝ่ายวิชาการและฝ่ายต่างๆ ให้ดำเนินงานไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑๙ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๖๗

(รองศาสตราจารย์วราภา มหากาญจนกุล)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครือข่ายสมาคม

1. สมาคมปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืชแห่งประเทศไทย
2. สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพสัมพันธ์
3. สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย
4. สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
5. สัตวแพทยสภา
6. สัตวแพทยสมาคมแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
7. สมาคมสัตวแพทยผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์แห่งประเทศไทย
8. สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์
9. สภาวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
10. สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย
11. สมาคมสภาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร
12. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
13. สมาคมสถาบันอุดมศึกษาสิ่งแวดล้อมไทย (สอสท.)
14. สมาคมเศรษฐศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
15. สมาคมเศรษฐศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
16. สมาคมศิษย์เก่าเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ
17. สมาคมการตลาดแห่งประเทศไทย
18. สมาคมนักสังคมวิทยาและนักมานุษยวิทยาสยาม
19. สมาคมสังคมวิทยาสาธารณะ (ประเทศไทย)
20. สมาคมจิตวิทยาแห่งประเทศไทย
21. สมาคมหลักสูตรและการสอนแห่งประเทศไทย

ปรัชญา

เป็นสถาบันที่มีปณิธานมุ่งมั่นในการสั่งสมเสาะแสวงหา และพัฒนาความรู้
ให้เกิดความเจริญงอกงามทางภูมิปัญญาที่เพียบพร้อมด้วย
วิชาการ จริยธรรม และคุณธรรม ตลอดจนเป็นผู้ชี้นำทิศทางสืบทอด
เจตนารมณ์ที่ดีของสังคมเพื่อความคงอยู่ ความเจริญ
และความเป็นอารยะของชาติ

จัดโดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร่วมกับ

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
กระทรวงศึกษาธิการ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม
สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
เครือข่ายวิจัยประชาชื่น

ฝ่ายเลขานุการคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 63
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

kuannualconf@gmail.com
http://annualconference.ku.ac.th
http://www.rdi.ku.ac.th

