การประชุมทางวิชาการ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 64

The 64th Kasetsart University Annual Conference

17-19 มีนาคม 2569 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

"บูรณาการนวัตกรรมและสังคม: ก้าวสู่อนาคตที่ชาญฉลาดและยั่งยืน"

"Bridging Innovation and Society: Toward a Smart and Sustainable Future"

Proceedings NO. 1

AGRICULTURAL SCIENCES

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



เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 64

The Proceedings of the 64th Kasetsart University Annual Conference

17-19 มีนาคม 2569 (March 17-19, 2026)

เล่มที่ 1

สาขาพืช

(Subject: Plants)

สาขาสัตว์

(Subject: Animals)

สาขาสัตวแพทยศาสตร์

(Subject: Veterinary Medicine)

สาขาประมง

(Subject: Fisheries)

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมเกษตร

(Subject: Agricultural Extension and Home Economics)

การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 64

The 64th Kasetsart University Annual Conference

17-19 มีนาคม 2569 (March 17-19, 2026)

จัดโดย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ร่วมกับ

- กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กระทรวงศึกษาธิการ
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม
- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
- สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
- เครือข่ายวิจัยประชาชื่น
- สมาคมปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืช แห่งประเทศไทย
- สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพสัมพันธ์
- สัตวแพทยสภา
- สัตวแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- สมาคมสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์แห่งประเทศไทย
- สมาคมเทคนิคการสัตวแพทย์แห่งประเทศไทย
- สภาวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย
- สมาคมสถาบันอุดมศึกษาสิ่งแวดล้อมไทย
- สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์
- สมาคมเศรษฐศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- สมาคมเศรษฐศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สมาคมศิษย์เก่าเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ
- สมาคมการตลาดแห่งประเทศไทย
- สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
- สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย
- สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย
- สมาคมสภาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร
- สมาคมหลักสูตรและการสอนแห่งประเทศไทย
- สมาคมการค้าปัจจัยการผลิตสัตว์น้ำไทย
- สมาคมส่งเสริมกิจการประมงไทย
- สมาคมปลานิลไทย
- สมาพันธ์การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไทย
- สมาคมผู้เพาะเลี้ยงปลาทะเลไทย
- สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
- สมาคมวิศวกรโครงสร้างแห่งประเทศไทย
- สมาคมหุ่นยนต์ไทย
- สมาคมการผังเมืองไทย
- สมาคมภูมิสถาปนิกประเทศไทย
- สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์
- สมาคมนักออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- สภาสถาปนิก
- สมาคมธุรกิจไม้โตเร็ว
- สมาคมรุกขกรรมไทย
- สมาคมจิตวิทยาแห่งประเทศไทย
- สมาคมนักสังคมวิทยาและมานุษยวิทยาสยาม
- สมาคมสังคมวิทยาสาธารณะ ประเทศไทย
- คณบดีคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 64

The Proceedings of the 64th Kasetsart University Annual Conference

17-19 มีนาคม 2569 (March 17-19, 2026)

เล่ม 1

จัดโดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 **เดือน พฤษภาคม** 2569

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์เป็นของ

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 02-579-5548

ISBN (e-book) (ชุด): 978-616-278-942-7

คำนำ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้จัดการประชุมวิชาการอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี โดยร่วมกับกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และเครือข่ายวิจัย “ประชาชื่น” รวมถึงสมาคมวิชาชีพต่างๆ จัดให้มีการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 64 ระหว่างวันที่ 17-19 มีนาคม พ.ศ. 2569 ภายใต้หัวข้อ “บูรณาการนวัตกรรมและสังคม: ก้าวสู่อนาคตที่ชาญฉลาดและยั่งยืน (Bridging Innovation and Society: Toward a Smart and Sustainable Future)” เพื่อมุ่งส่งเสริมให้นักวิชาการและคณาจารย์จากสาขาต่างๆ นำเสนอผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์ และความชำนาญ ระหว่างนักวิชาการ คณาอาจารย์ของภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งจะนำไปสู่ความร่วมมือทางการวิจัยและยังเปิดโอกาสให้นิสิต นักศึกษา ได้แสดงผลงานทางวิชาการ โดยความรู้และวิทยาการใหม่ๆ ดังกล่าว ยังได้ถ่ายทอด เผยแพร่สู่สาธารณชน อันจะนำมาซึ่งความกินดี อยู่ดี และการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

การนำเสนอผลงานวิชาการประกอบด้วยภาคบรรยายจำนวน จำนวน 119 เรื่อง และภาคโปสเตอร์ จำนวน 58 เรื่อง รวม 177 เรื่อง แบ่งออกเป็น 13 สาขา ได้แก่ สาขาพืช สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ สาขาประมง สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ สาขาวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สาขาศึกษาศาสตร์ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ โดยได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่องเต็มใน E-Proceedings จำนวน 158 เรื่อง

เอกสารฉบับนี้เป็นการรวบรวมผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ เล่มที่ 1 ประกอบด้วย **สาขาพืช** จำนวน 17 เรื่อง **สาขาสัตว์** จำนวน 9 เรื่อง **สาขาสัตวแพทยศาสตร์** จำนวน 1 เรื่อง **สาขาประมง** จำนวน 9 เรื่อง และ**สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์** จำนวน 2 เรื่อง ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำสาขา

ในนามของคณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 64 ขอขอบคุณ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนิสิต นักศึกษา ที่ได้ร่วมนำเสนอผลงานวิจัย และผู้ที่สนใจเข้าร่วมการประชุมทางวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการทุกฝ่ายที่สละเวลา แรงกาย แรงใจและความคิด ร่วมมือกันจัดเตรียมการประชุม จนทำให้การประชุมทางวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

(ดร.ดำรงค์ ศรีพระราม)
รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประธานคณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 64

ความสมบูรณ์ของการเสนอผลงาน
ในการประชุมทางวิชาการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 64
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	82	การประเมินศักยภาพผลผลิตหัวสดและดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังลูกผสมระหว่างอินเบรดชั่วต้นและลูกผสมระหว่างพันธุ์ กนกภู ช่างวิชชุการ, สุจินต์ เจนวีรวัฒน์, ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ, เอกพันธ์ ไกรจักร, ปิยะ กิตติภาดากุล	2
2	91	ผลของการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องขุดถั่วลิสงต้นแบบต่อพ่วงรถแทรกเตอร์นั่งขับ ที่มีต่อผลผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของถั่วลิสงพันธุ์เคยู อาร์ด้า 20 เมธี เอกตาแสง, ปาริชาติ พรมโชติ, ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช, ภาริณี เจียมเมืองปักษ์	8
3	99	การปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวและข้าวสีเมล็ดยาวพิเศษ โดยการผสมระหว่างพันธุ์ข้าวบาสมาติ 1121 และไรซ์เบอร์รี่ ศิวพร กาญจนาวิศิษฏ์, จำเนียร ชมภู, ชเนษฎ์ ม้าลำพอง	17
4	204	ผลของปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์และการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน ธนัชพร ศรีขวัญ, จำเป็น อ่อนทอง,จักรกฤษณ์ พูนภักดี, ขวัญตา ขาวมี	24
5	210	ผลของการฉีดพ่นสังกะสีทางใบร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus australimaris* KU32 ต่อการเจริญเติบโตระยะย่างปล้องของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในดินเนื้อปูน จิรัญลักษณ์ เจริญเศรษฐกุล, อัญธิชา พรมเมืองคุก, ศุภชัย อำคา, กนกกร สินมา, นงภัทร ไชยชนะ	33

สาขาสัตว์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	40	จุลกายวิภาคศาสตร์ของคอหอย หลอดอาหารและกระเพาะอาหารของงูสามเหลี่ยม (*Bungarus fasciatus*) เพชร เผ่าสุริยะ, นเรนทร์ฤทธ์ แก้วเรื่อง, อรรคพล วณิกสัมบัน, สาคร คงสุด, อัคนี ผิวหอม	43
2	143	ผลของน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่อสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อเพศผู้ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด สมบัติ ประสงค์สุข, ชัยยากร คำสอน, ธีรวิทย์ เปยคำภา	51
3	163	ผลของการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมในอาหาร ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากในไก่เนื้อ อัญชลี บวดขุนทด, สมบัติ ประสงค์สุข, ธีรวิทย์ เปยคำภา	59
4	158	การเปรียบเทียบเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ในฟางข้าว นิภารัตน์ โคตะนนท์, พงศ์ธร คงมั่น, ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ	67
5	166	ผลของการใช้ผงเปลือกมะม่วงหมักร่วมกับหญ้าซิกแนลต่อคุณภาพหญ้าหมัก นัฐธิดา ชาวประทุม, ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ	75
6	173	Effects of marine sulfated polysaccharides extract on growth performance and fecal score of pre-weaning piglets in a commercial pig farm Prasittisak Wongkerd, Choawit Rakangthong, Chaiyapoom Bunchasak, Wiriya Loongyai	83
7	203	The effects of dietary *Bacillus subtilis* C-3102 supplementation on growth performance, immunity and intestinal morphology in broilers Suppata Sunsuwan, Chaowit Rakangthong, Chaiyapoom Bunchasak, Wiriya Loongyai	94

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
8	205	Effects of multispecies probiotics supplementation on growth performance and diarrhea incidence in weaned piglets Jittrakorn Papakhow, Choawit Rakangthong, Chaiyapoom Bunchasak Wiriya Loongyai	103
9	226	A tri-herbal mixture of turmeric, bitter melon, and black ginger: Effect on prediction of carcass quality, and lipid profile in a swine model of obesity Punnatut Aroonpanlop, Athiwat Yoobang, Thawanrat Bannasarn, Pullop Tungtrakoolsub, Nattavadee Pengrattanachot, Kanokporn Poungpong	112

สาขาสัตวแพทยศาสตร์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	111	การศึกษาระดับแอนติบอดีต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสในไก่ไข่รุ่นด้วยวิธี Indirect Enzyme-Linked Immunosorbent Assay กันตภณ ห้างชัยเจริญ, ภฑิล อำนวยชัยกิจ, ธนภัทร ชัชเวช, กรรณธพรรณ อุบลรัตน์, ณัฐชยา สัตยะพงษ์พันธุ์, เกรียงไกร วิฑูรย์เสถียร	123

สาขาประมง (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	49	การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แสงไฟ Light-Emitting Diode (LED) เปรียบเทียบกับหลอดไฟ Metal Halide Lamps (MHL) เพื่อการประมงอวนครอบหมึก ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี จิตราพร เขมะสุข, วชิระ ใจงาม, ธนัสพงษ์ โภควนิช	130

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
2	123	Stock delineation of golden snapper (*Lutjanus johnii*, Bloch 1792) using otolith microchemistry and body morphometric analysis Nutthapon Choopol, Jes Kettratad, Alongkot Fanka	138
3	69	การปรับปรุงวิธีการฆ่าเชื้อสำหรับเมล็ดและต้นกล้าของพลับพลึงธารในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สิรินันท์ สุริวงษ์, ชัชรี แก้วสุรลิขิต, ปิยะวัฒน์ พรหมรักษา, ปัทมา ทองกอก	146
4	229	การพัฒนาเทคนิครีคอมบิเนสโพลีเมอเรสแอมพลิฟิเคชันร่วมกับแผ่นจุ่มวัดอย่างง่ายสำหรับการตรวจหาเชื้อ *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) ในกุ้ง ณรงค์ อรัญรุตม์, พลอยพรรณ ยอดเป็ง	156
5	61	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินอาหาร คุณภาพน้ำ และความถี่การให้อาหารในการเลี้ยงปลาชะโอนในระบบน้ำหมุนเวียน สมบูรณ์ มัจฉา, เจษฎา อิสเหาะ, สุภาวดี โกย์ดุลย์, วราห์ เทพาหุดี	164

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	70	การพัฒนาแนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง เกษตรศาสตร์ สวก.1 ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริญญารัตน์ ภูศิริ, วิไลพร ชวศรี, เชาวพรรณ อัครวิสิทธิ์กุล	173
2	209	Factors influencing hemp cultivation practices among farmers in Northern Thailand Ritdeach Suta, Juthathip Chalermphol, Rut Sirisunyaluk, Budsara Limnirunkul	181

สาขาพืช (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	56	การปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 อำไพ พรหมณเรศ, ถวิล นิลพยัคฆ์, ณัฐณิชา สิทธิเดช, ธำรงศิลป โพธิสูง	192
2	63	การประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากกรมวิชาการเกษตรเพื่อใช้เป็นข้าวโพดหมักอาหารสัตว์ ปริญญา การสมเจตน์, สุริพัฒน์ ไทยเทศ, ทัศนีย์ บุตรทอง, ชัยวัฒน์ นันทโชติ	199
3	90	การประเมินผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมในสภาพนาจังหวัดนครสวรรค์และเพชรบูรณ์ ทัศนีย์ บุตรทอง, สุริพัฒน์ ไทยเทศ, ปริญญา การสมเจตน์, เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง	207
4	120	การประเมินความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังและลักษณะทางการเกษตร ในสายพันธุ์อินเบรดในชั่วเริ่มต้น ภูชิต วงษ์กรณ์, ภารดี ธรรมาภิชัย, ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ, ปิยะ กิตติภาดากุล	215
5	135	การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวน PLBs ของกล้วยไม้สกุล *Psygmorchis pusilla* (L.) Dodson & Dressler ในสภาพปลอดเชื้อ เขมชาติ ศรีบัว, เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์	222
6	137	ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเศษเหลือทะลายปาล์มน้ำมันและเปลือกปูต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊ค จรรตกร รอดอยู่, อัญธิชา พรมเมืองคุก, รติวรรณ มีทอง, ปิยะภาคย์ ภูมิภมร, นพนนท์ ชะนะพาล	231
7	140	การทดสอบสายพันธุ์ลูกผสมกลับที่ได้จากการผสมระหว่าง ขาวดอกมะลิ 105 และ กข61 เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ให้มีอายุวันออกดอกเร็ว มีกลิ่นหอม และความนุ่ม จิรัชญาน์ คงสุวรรณ, ธานี ศรีวงศ์ชัย, วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร	239

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
8	155	ผลผลิตและคุณภาพเนื้อสัมผัสของมันสำปะหลังบริโภค ลูกผสมปี 2565 ชฎาพร อินเปลี่ยน, กุสุมา รอดแผ้วพาล, สุวลักษณ์ ศันสนีย์, ธนาวดี ค้ำชู	247
9	167	ศักยภาพการให้ผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมดีเด่นของกรมวิชาการเกษตรในหลายสภาพแวดล้อม วรรษมน มงคล, อำไพ ประเสริฐสุข, โสพิศ ใจปาละ, ภาคภูมิ ถิ่นคำ, ฉัตรชีวิน ดาวใหญ่	254
10	197	ผลของความเข้มข้นคลอรีนไดออกไซด์ต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม, วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย	262
11	211	Antifungal and Antibacterial Activities of *Melaleuca cajuputi* Leaf Extract Against *Fusarium oxysporum*,*Geotrichum candidum, and Escherichia coli* Ei Nandar KYAW, Pattarawadee Sumthong Nakmee	271
12	221	ผลของสาร purine nucleoside ต่อการควบคุมโรคใบด่างในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง อติพร นิยมธรรม, อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช, วันวิสา ศิริวรรณ์, ศรีหรรษา มลิจารย์	281

สาขาประมง (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	53	อิทธิพลของแพลงก์ตอนพืชต่ออัตราการรอด และความสำเร็จในการลงเกาะของตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล (*Temnopleurus toreumaticus*) ฤทธิชัย คงสบาย, ไชยธวัฒน์ ทองนอก, นันทพงศ์ กิมไพ	289
2	62	ผลของ 17 อัลฟา-เมทิลเทสโทสเตอโรนต่อการแปลงเพศของลูกปลากัดสายพันธุ์หางพระจันทร์ครึ่งซีก (*Betta splendens*) ด้วยวิธีการแช่ อสมาภรณ์ สิริวัชราทร, อรพร หมื่นพล, สันติ พ่วงเจริญ, จักร อรัณยกานนท์	298

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
3	87	อิทธิพลของฤดูมรสุมต่อพลวัตและความชุกชุมของลูกปลาวัยอ่อนในพื้นที่หาดประพาส จังหวัดระนอง วรวิช ป้านนาค, ธีระพงศ์ ด้วงดี, นันทพงศ์ กิมไพ, ธเนศ อินตัน	307
4	212	ประสิทธิภาพของยูจีนอลในการระงับความรู้สึกปลาสอด (*Poecilia latipinna*) ศิรินทร์นภา พุ่มแจ้, ธนวรรณ ดาวหาง, บงกช ดีไข่, อายุพัฒน์ ภพรัตน์, สาธิต บุญน้อม	316

ภาคผนวก	หน้า
รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	324
คณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 64 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	332
คณะทำงานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ การจัดประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 64 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	349

สาขาพืช

(Subject: Plants)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

การประเมินศักยภาพผลผลิตหัวสดและดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังลูกผสมระหว่างอินเบรดชั่วต้นและลูกผสมระหว่างพันธุ์

Evaluation of fresh root yield and harvest index potential of cassava hybrids from early generation inbred lines and inter-varietal crosses

กนกภู ช่างวิชชุการ[a], **สุจินต์ เจนวีรวัฒน์**[a], **ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ**[b], **เอกพันธ์ ไกรจักร**[c], **ปิยะ กิตติภาดากุล**[a,*]

Kanokpoo Changwitchukarn[a], Sujin Jenweerawat[a], Supachai Vuttipongchaikij[b], Ekaphan Kraichak[c], Piya Kittipadakul[a,*]

[a] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[b] ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[c] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[a] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[b] Department of Genetics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[c] Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เปรียบเทียบผลผลิตของลูกผสมมันสำปะหลังจากการผสมระหว่างพันธุ์และจากอินเบรดชั่วต้น โดยประเมินลูกผสม 190 และ 177 สายพันธุ์ตามลำดับ ใน 2 พื้นที่ 2 ฤดูปลูก ใช้พันธุ์การค้า และชั่วที่ 1 และ 2 ของพันธุ์การค้าเป็นพ่อแม่ การประเมินใช้อัตราส่วนผลผลิตหัวสดและดัชนีเก็บเกี่ยวจากการทำเป็นอัตราส่วนเทียบกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่และฤดูปลูก ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผลผลิตหัวสดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่อัตราส่วนดัชนีเก็บเกี่ยวของลูกผสมจากอินเบรดชั่วต้น (1.013) มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ความแปรปรวนของอัตราส่วนผลผลิตของลูกผสมระหว่างพันธุ์ (0.208) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความแปรปรวนอัตราส่วนดัชนีเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการใช้อินเบรดเป็นพ่อแม่สามารถสร้างลูกผสมที่ให้ดัชนีเก็บเกี่ยวที่ดีกว่า

คำสำคัญ: การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง, การเปรียบเทียบวิธีการผสม, ลูกผสมระหว่างอินเบรดชั่วต้น

Abstract

This study compared the performance of cassava hybrids derived from inter-varietal crosses and early-generation inbreds (EGILs), evaluating 190 and 177 hybrids respectively, across two locations and two growing seasons. Commercial varieties and their first- and second-generation inbreds were used as parents. Fresh root yield and harvest index were expressed as relative ratio of Kasetsart 50 to standardize comparisons. The results showed no difference in mean fresh root yield ratio, but hybrids from EGILs had a significantly higher harvest index ratio (1.013). Inter-varietal hybrids exhibited significantly greater variation in yield ratio (0.208), while variation in harvest index ratio was similar. These findings indicate that using inbred as parents can produce hybrids with a higher harvest index.

Keywords: Cassava breeding, Comparing breeding strategy, Hybrid from early generation inbred lines

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นหนึ่งในพืชผลิตรากสะสมอาหารที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมแป้ง มันสำปะหลังมีความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อม แต่สามารถให้ผลผลิตที่สูงได้ (Hershey, 2017) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตมันสำปะหลังให้เพียงพอต่อความต้องการ โดยต้องมีการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อให้มีพันธุ์ที่ผลผลิตน้ำหนักหัวสดต่อต้นสูงและปรับตัวได้กับสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังมีแนวโน้มความก้าวหน้าที่ลดลง เนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ใช้วิธีการจับคู่ผสมระหว่างพ่อแม่พันธุ์การค้าโดยไม่มีแผนการผสมที่แน่นอน ซึ่งคล้ายคลึงกับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดในอดีตที่ใช้การผสมเปิดซึ่งยังไม่สามารถสร้างผลผลิตที่พึงพอใจให้กับเกษตรกรได้ จึงเปลี่ยนวิธีการผลิตลูกผสมเป็นลูกผสมเดี่ยว (single-cross hybrids) โดยใช้พ่อแม่เป็นอินเบรด ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมาก (Hallauer and Carena, 2012) ดังนั้นการใช้อินเบรดในมันสำปะหลังเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตในมันสำปะหลัง โดยการประเมินสมรรถนะการผสมระหว่างอินเบรด (Kittipadakul et al., 2017) ในการสร้างลูกผสมแนวใหม่นี้จำเป็นต้องมีการพัฒนาอินเบรดก่อน ด้วยการผสมตัวเองของพันธุ์ (self-pollination) และคัดเลือกในหลายชั่ว ระหว่างการผสมตัวเองในพืชผสมข้ามปกติจะเกิดปรากฏการณ์การเสื่อมถอยทางพันธุกรรมเนื่องจากการผสมเลือดชิด (inbreeding depression) อาจทำให้ผลผลิตและบางลักษณะของพันธุ์เสื่อมลง ที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของโฮโมไซกัสในบางยีน (Hedrick and Garcia-Dorado, 2016) ดังนั้นจะเปิดโอกาสให้มีการคัดเลือกลักษณะอินเบรดที่มีการแสดงออกที่ดีได้ สำหรับใช้เป็นอินเบรดพ่อแม่พันธุ์ที่มีศักยภาพทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นคู่ผสมในการสร้างลูกผสมที่ดีขึ้นได้ (de Freitas et al., 2016) การประเมินสมรรถนะการผสมในอินเบรดมันสำปะหลังยังเป็นเรื่องที่ค่อนข้างท้าทายในการสร้างลูกผสม เนื่องจากในการผสมพันธุ์มันสำปะหลังในแต่ละครั้งจะได้เมล็ดลูกผสมไม่เพียงพอสำหรับการปลูกทดสอบ ดังนั้นการสร้างอินเบรดในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังยังคงมีความท้าทายอย่างมาก (Kittipadakul et al., 2017) อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพการให้ผลผลิตและดัชนีเก็บเกี่ยวของลูกผสมระหว่างพันธุ์ (inter-varietal cross) กับลูกผสมระหว่างอินเบรดชั่วต้น (S_1 และ S_2) ความก้าวหน้าของพันธุ์ลูกผสมมันสำปะหลังจากการใช้อินเบรดชั่วต้นเป็นพ่อแม่พันธุ์นี้จะเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังของไทยในอนาคตด้วยการใช้อินเบรดในการสร้างลูกผสมแทนที่การผสมระหว่างพันธุ์ที่ดำเนินการมาอย่างยาวนาน

อุปกรณ์และวิธีการ

ลูกผสมที่ใช้ในการประเมินทั้งหมด 367 สายพันธุ์ ประกอบไปด้วยลูกผสมระหว่างพันธุ์จำนวน 10 คู่ผสม จำนวน 190 สายพันธุ์ และลูกผสมระหว่างอินเบรดชั่วต้นจำนวน 12 คู่ผสม จำนวน 177 สายพันธุ์ (Table 1) โดยปลูกทดสอบทั้งหมด 2 ปี คือ พ.ศ. 2556 ที่อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา และปี พ.ศ. 2566 ที่อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี (Table 2) โดยนำข้อมูลผลผลิตของลูกผสมปี พ.ศ. 2556 มาร่วมวิเคราะห์และปลูกทดสอบผลผลิตในฤดูฝนช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 แผนการทดลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ Augmented Block Design โดยรวบรวมข้อมูลผลผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ.2556 จำนวน 12 ซ้ำ และปลูกทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลในปี พ.ศ.2565 จำนวน 12 ซ้ำ หน่วยแปลงทดลอง (plot unit) ในแต่ละสายพันธุ์ทดสอบจะปลูก 1 แถว แถวละ 10 ต้น โดยมีระยะปลูกที่ 1.2 x 0.8 เมตร เตรียมแปลงปลูกโดยการไถด้วยผาล 3 จำนวน 1 ครั้ง เพื่อกำจัดวัชพืช จากนั้นทิ้งช่วงไว้ 7–10 วันแล้วไถพรวนอีกครั้งเพื่อให้ขนาดของดินเล็กลง ละเอียดมากขึ้น ทำให้ดินร่วนซุย และปลูกทดสอบมันสำปะหลังด้วยระยะปลูก 1.2 × 0.8 เมตร เมื่อมันสำปะหลังอายุ 10 เดือน จะเก็บเกี่ยวน้ำหนักหัวสด (fresh root yield, กิโลกรัม) ใบ และลำต้น โดยขุดเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจำนวน 8 ต้นต่อหน่วยทดลอง โดยเว้นต้นแรกและต้นสุดท้ายของแถว และนำไปคำนวณค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index; HI) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเพิ่มขึ้น หรือการสะสมของชีวมวลที่ถูกเก็บไว้อยู่ส่วนที่สร้างผลผลิต และใช้

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการ source-sink จึงนำมาใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่สามารถให้ผลผลิตสูงได้ (Wnuk et al., 2013) Equation 1 ในการทดลองนี้ใช้ดัชนีเก็บเกี่ยวเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกอีกค่าหนึ่ง เนื่องจากผลผลิตหัวสด (fresh root yield) เป็นลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) ต่ำส่วนดัชนีเก็บเกี่ยวมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงกว่า ทำให้สามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกได้ดี (Joaqui et al., 2016)

$$\text{Harvest index} = \frac{\text{Fresh root yield}}{\text{Total biomass}} \quad (1)$$

Where; Fresh root yield and total biomass are represented in kilogram (kg) unit.

Table 1 The number of hybrids from inter-varietal cross and early generation inbred lines (EGRLs) of cassava

Crosses	Number of hybrids
Inter-varietal crosses	
KU50 × HB80	16
KU50 × R1	4
KU50 × R5	4
R1 × HB80	39
R1 × R90	15
R11 × R90	3
R5 × HB60	24
R5 × R1	44
R90 × HB80	31
R90 × R5	10
Crosses from EGILs	
HB60-S_1 × HB80-S_1	15
HB80-S_1 × R90-S_1	4
KU50-S_1 × HB80-S_1	1
KU50-S_1 × R5-S_1	28
R1-S_1 × HB80-S_1	10
R1-S_1 × R90-S_1	16
R5-S_1 × HB80-S_1	25
R5-S_1 × R1-S_1	2
R5-S_1 × R90-S_1	10
KU50-S_2 × R5-S_1	7
KU50-S_2 × HB80-S_2	3
R5-S_2 × HB80-S_2	56
Total	367

Table 2 The number of hybrids from inter-varietal cross and EGRLs in 2013 and 2022.

Year	Number of hybrids from inter-varietal cross	Number of hybrids from EGRLs
2556	181	-
2565	9	177
Total	190	177

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลน้ำหนักผลผลิตหัวสด (fresh root yield) และดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) ของลูกผสมมาหาค่าเฉลี่ยต่อต้น และนำข้อมูลแต่ละปีมาวิเคราะห์ Augmented Block Design โดยวิธีการของ Federer (Federer, 1956) เพื่อหาค่า mean adjustment ของพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และลูกผสม นำค่า mean adjustment ของผลผลิตหัวสดและดัชนีเก็บเกี่ยวของแต่ละลูกผสมหารด้วยค่าจากพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ของแปลงทดสอบเดียวกัน เพื่อทำเป็นอัตราส่วนจะได้เป็นอัตราส่วนผลผลิตหัวสด (fresh root yield ratio; FRR) ตาม Equation 2 และอัตราส่วนดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index ratio; HIR) ตาม Equation 3 ส่งผลให้พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 แต่ละแปลงการทดสอบมีค่าอัตราส่วนทั้งผลผลิตและดัชนีเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 1 เท่านั้น การดำเนินการคำนวณเป็นค่าอัตราส่วนนี้ จะทำให้ตัดค่าอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันออกไป ทำให้สามารถนำค่าอัตราส่วนดังกล่าวเปรียบเทียบระหว่างแปลงทดสอบที่ต่างกันได้ ดังนั้นลูกผสมที่มีค่าอัตราส่วนมากกว่า 1 หมายถึงลูกผสมที่มีผลผลิตหรือดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยมากกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 สำหรับการเปรียบเทียบลูกผสมระหว่างกลุ่มใช้ t-test โดยใช้ R package 4.2.3 ในการวิเคราะห์ข้อมูลและใช้ Bartlett's test เพื่อเปรียบเทียบความแปรปรวนของลูกผสมระหว่างกลุ่ม

$$\text{Fresh root yield ratio} = \frac{\text{Fresh root yield of each cross}}{\text{Fresh root yield of KU50}} \quad (2)$$

$$\text{Harvest index ratio} = \frac{\text{Harvest index of each cross}}{\text{Harvest index of KU50}} \quad (3)$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบศักยภาพของลูกผสมระหว่างพันธุ์กับลูกผสมจากอินเบรดชั่วต้น โดยใช้ข้อมูลจากผลผลิตน้ำหนักหัวสดจากแปลงทดสอบในช่วงต้นฤดูฝนในแต่ละปีการทดสอบและเก็บเกี่ยวในช่วงกุมภาพันธ์ถึงมีนาคมของปีถัดไป เก็บข้อมูลทั้งหมด 2 ปี ได้แก่ปี 2556 และ 2565 รวมจำนวน 367 สายพันธุ์ แบ่งเป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์ 190 สายพันธุ์ และลูกผสมระหว่างอินเบรดชั่วต้น 177 สายพันธุ์ เป็นการดำเนินการทดสอบจาก 2 แปลง เพื่อประเมินศักยภาพในการให้ผลผลิตหัวสดและดัชนีเก็บเกี่ยว จากนั้นวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างประชากรทั้งสองกลุ่มด้วยการทดสอบ Bartlett's test และ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามลำดับ

การวิเคราะห์อัตราส่วนผลผลิตหัวสด (FRR) ระหว่าง 2 กลุ่มลูกผสมที่ศึกษากับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในแปลงเดียวกัน เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มโดยใช้ t-test พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนผลผลิตหัวสดไม่แตกต่างทางสถิติ แสดงว่าผลผลิตน้ำหนักหัวสดของลูกผสมจากอินเบรดชั่วต้นมีค่าไม่แตกต่างจากลูกผสมจากการผสมระหว่างพันธุ์ อาจเป็นเพราะอินเบรดชั่วต้นยังมีค่าโฮโมไซโกซิตีที่ยังไม่มาก และสภาพแวดล้อมแปลงปลูกมีผลต่อผลผลิต

หัวสดสูงโดยอัตราพันธุกรรมของผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังมีค่าระหว่าง 0.10 ถึง 0.41 (Kawano et al., 1998) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบความแปรปรวนของอัตราส่วนผลผลิตหัวสดโดยใช้ Bartlett's test พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยความแปรปรวนของอัตราส่วนค่าผลผลิตหัวสดของลูกผสมระหว่างพันธุ์เท่ากับ 0.208 ซึ่งสูงกว่าค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนค่าผลผลิตหัวสดของลูกผสมระหว่างอินเบรดชั่วต้นที่ 0.083 ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่า การใช้พ่อแม่ที่มีเฮเทอโรไซโกซิตีสูงในการสร้างลูกผสมทำให้เกิดการกระจายตัวทางพันธุกรรมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับลูกผสมที่เกิดจากอินเบรดชั่วต้น ซึ่งเกิดจากพ่อแม่อินเบรดมีโฮโมไซโกซิตีสูงกว่าพันธุ์การค้า (Table 3)

อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนดัชนีเก็บเกี่ยว (HIR) พบว่า อัตราส่วนดัชนีเก็บเกี่ยวของลูกผสมจากอินเบรดชั่วต้นมีค่า 1.013 ซึ่งมากกว่าลูกผสมระหว่างพันธุ์ที่มีค่า 0.831 อย่างมีนัยสำคัญ (Table 4) แสดงให้เห็นว่า การใช้อินเบรดชั่วต้นเป็นพ่อแม่สามารถเพิ่มดัชนีเก็บเกี่ยวในลูกผสมมันสำปะหลังได้ และจากรายงานของ Kawano et al. (1998) ว่าดัชนีเก็บเกี่ยวในมันสำปะหลังมีอัตราพันธุกรรมที่สูงถึง 0.55–0.70 ซึ่งค่าดัชนีเก็บเกี่ยวจะได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าผลผลิตหัวสด อาจเป็นส่วนให้พบความแตกต่างของอัตราดัชนีเก็บเกี่ยวของลูกผสมระหว่างพันธุ์กับลูกผสมจากอินเบรดชั่วต้น ทำให้สามารถใช้อัตราส่วนดัชนีเก็บเกี่ยวในการคัดเลือกพันธุ์ได้ง่ายกว่าการใช้อัตราส่วนผลผลิตหัวสดซึ่งสอดคล้องกับ Kawano and Hershey (1983) ที่แนะนำให้ใช้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวในการคัดเลือกมันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตสูง เพราะค่าดัชนีเก็บเกี่ยวได้รับผลจากสภาพแวดล้อมน้อยกว่าผลผลิตของมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตามค่าความแปรปรวนของอัตราส่วนดัชนีเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Table 3 Means and variances of fresh root yield ratio (FRR) of hybrids from inter-varietal crosses and EGILs

Type of hybrid	Mean of FRR	Variance of FFR
Hybrids from inter-varietal crosses	0.683	0.208^{a}
Hybrids from EGILs	0.726	0.083^{b}
p-value	0.289	1.659×10^{-9}

Table 4 Means and variances of harvest index ratio (HIR) of hybrids from inter-varietal crosses and EGILs

Type of hybrid	Mean of HIR	Variance of HIR
Hybrids from inter-varietal crosses	0.831^{b}	0.038
Hybrids from EGILs	1.013^{a}	0.047
p-value	1.285×10^{-15}	0.144

สรุป

จากการศึกษาศักยภาพการให้ผลผลิตของลูกผสมมันสำปะหลังระหว่างอินเบรดชั่วต้น และลูกผสมระหว่างพันธุ์โดยการใช้ค่าอัตราส่วนของผลผลิตหัวสดและดัชนีเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในแปลงเดียวกัน เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มลูกผสม พบว่าอัตราส่วนผลผลิตหัวสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากอินเบรดชั่วต้นที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์มีโฮโมไซโกซิตีที่ยังไม่มาก อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างของค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มลูกผสมในอัตราส่วนผลผลิตหัวสด โดยที่ค่าความแปรปรวนของลูกผสมจากการผสมระหว่างพันธุ์มีค่ามากกว่า ชี้ให้เห็นว่าการใช้พ่อแม่ที่มีเฮทเทอโรไซโกซิตีสูงในการสร้างลูกผสมทำให้เกิดการกระจายตัวทางพันธุกรรมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับลูกผสมที่ใช้อินเบรดชั่วต้นเป็นพ่อแม่พันธุ์ที่มีโฮโมไซโกซิตีสูงกว่าพ่อแม่ที่เป็นพันธุ์การค้า และ

ลักษณะผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมีอัตราพันธุกรรมที่ต่ำ แสดงให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมจะส่งผลมากต่ออัตราส่วนผลผลิตหัวสด ทำให้ความแปรปรวนของอัตราส่วนผลผลิตหัวสดมีค่ามาก เป็นผลให้ค่าอัตราส่วนผลผลิตหัวสดของสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน สิ่งค้นพบที่สำคัญจากงานทดลองนี้คือ ลูกผสมที่ได้จากพ่อแม่พันธุ์ที่เป็นอินเบรดมีค่าอัตราส่วนของดัชนีเก็บเกี่ยวที่สูงกว่าลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าการใช้ลูกผสมระหว่างอินเบรดชั่วต้นสามารถเพิ่มสัดส่วนของหัวสดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำหนักทั้งต้น (ดัชนีเก็บเกี่ยว) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลเนื่องจากการที่ต้นมันสำปะหลังมีการแตกกิ่งที่ลดลง ทำให้มีทรงต้นที่เหมาะสมต่อการปลูกที่ดีขึ้น และเป็นทรงต้นที่ต้องการของเกษตรกร แสดงให้เห็นถึงศักยภาพการใช้อินเบรดเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างลูกผสม สามารถเพิ่มดัชนีเก็บเกี่ยวและมีแนวโน้มให้ทรงต้นมีการแตกกิ่งที่น้อยลง ทรงต้นดีขึ้น สะดวกต่อการจัดการในแปลง เนื่องด้วยดัชนีเก็บเกี่ยวเป็นลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรม (heritability) ที่สูง จึงเป็นลักษณะที่มักใช้ในการคัดเลือกพันธุ์เพราะมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การใช้อินเบรดในการสร้างลูกผสมมันสำปะหลัง จึงทำให้การคัดเลือกสายพันธุ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณนายปราโมทย์ ศรีเมือง (อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี) และ นางสมร เกตุสิริ (อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา) ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทดลอง รวมถึงบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการสนับสนุนการดำเนินงานวิจัย สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้กรุณาสละเวลา ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

de Freitas, J.P.X., da Silva Santos, V., de Oliveira, E.J. 2016. Inbreeding depression in cassava for productive traits. Euphytica. 209: 137–145. doi.org/10.1007/s10681-016-1677-6

Federer, W.T. 1956. Augmented (or hoonuiaku) designs. Biometrics Unit. Ithaca, NY, USA.

Hallauer, A.R., Carena, M.J. 2009. Maize. In: Carena, M.J. (Ed.). Cereals. Springer. New York, NY, USA: 3–98. doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_1

Hedrick, P.W., Garcia-Dorado, A. 2016. Understanding inbreeding depression, purging, and genetic rescue. Trends Ecol. Evol. 31: 940–952. doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.005

Hershey, C. 2017. Achieving sustainable cultivation of cassava. Vol. 1. Burleigh Dodds Sci. Publ. Cambridge, UK.

Joaqui Barandica, O., Pérez, J.C., Lenis, J.I., Calle, F., Morante, N., Pino, L., et al. 2016. Cassava breeding II: Phenotypic correlations through the different stages of selection. Front. Plant Sci. 7: 1649. doi.org/10.3389/fpls.2016.01649

Kawano, K., Hershey, C.H. 1983. CIAT cassava germplasm and its use in Asian national breeding programmes. Centro Int. Agric. Trop. (CIAT). Cali, Colombia: 137–146.

Kawano, K., Narintaraporn, K., Narintaraporn, P., Sarakarn, S., Limsila, A., Limsila, J., et al. 1998. Yield improvement in a multistage breeding program for cassava. Crop Sci. 38: 325–332. doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800020012x

Kittipadakul, P., Kongsil, P., Phumichai, C., Jansky, S.H. 2017. Achieving sustainable cultivation of cassava. In: Hershey, C. (Ed.). Burleigh Dodds Sci. Publ. Cambridge, UK.

Wnuk, A., Górny, A.G., Bocianowski, J., Kozak, M. 2013. Visualizing harvest index in crops. Commun. Biometry Crop Sci. 8: 48–59.

ผลของการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องขุดถั่วลิสงต้นแบบต่อพ่วงรถแทรกเตอร์นั่งขับ ที่มีต่อผลผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของถั่วลิสงพันธุ์เคยู อาร์ด้า 20

Effects of harvesting using a prototype peanut digger attached to a riding tractor on yield and cost-effectiveness of KU ARDA 20 peanut

เมธี เอกตาแสง[a,*], **ปาริชาติ พรมโชติ**[a], **ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช**[b], **ภาริณี เจียมเมืองปักษ์**[a]

Maythee Aektasaeng[a,*], Parichart Promchote[a], Piyapong Sriwongras[b], Parinee Jeammuangpuk[a]

[a] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[b] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[a] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[b] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: maythee.ae@ku.th

บทคัดย่อ

การผลิตถั่วลิสงให้ได้ผลตอบแทนคุ้มค่าจำเป็นต้องพิจารณาทั้งระบบการปลูกและวิธีการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะปลูกและวิธีเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิตและตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ของถั่วลิสงพันธุ์เคยู อาร์ด้า 20 โดยออกแบบการทดลองแบบสปลิทพลอท ปัจจัยทดลองได้แก่ ระยะปลูก 3 แบบ (แถวเดี่ยว แถวคู่ และห้าแถว) กับวิธีเก็บเกี่ยว 2 แบบ (แรงงานคนและเครื่องขุด) ผลการทดลองพบว่า การปลูกแบบห้าแถวร่วมกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน (T5) ให้ผลผลิตสูงสุดที่ 424.7 กิโลกรัมต่อไร่ ให้รายได้สุทธิสูงสุดที่ 2,733 บาทต่อไร่ และมีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด โดยมีจุดคุ้มทุนไม่แตกต่างกับการใช้เครื่องขุด ในขณะที่การปลูกแบบห้าแถวร่วมกับการใช้เครื่องขุด (T6) ให้ผลผลิต 389.3 กิโลกรัมต่อไร่ และรายได้สุทธิ 2,129 บาทต่อไร่ แต่มีค่าใช้จ่ายในการถอนต่ำที่สุดและใช้แรงงานน้อยกว่าอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่า แม้การเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนจะให้ผลตอบแทนสุทธิสูงกว่า แต่การใช้เครื่องขุดมีข้อได้เปรียบด้านการลดต้นทุนแรงงาน และเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในสภาพที่แรงงานขาดแคลน

คำสำคัญ: เคยู อาร์ด้า 20, เครื่องขุด, ถั่วลิสง, ระยะปลูก, เศรษฐศาสตร์การผลิต

Abstract

Improving peanut production efficiency is important for increasing farmers' economic returns. This study aimed to examine the effects of plant spacing and harvesting methods on yield and economic indicators of KU ARDA 20 peanut variety. The experiment was conducted using a split plot design, with three plant spacings (single row, double row, and five-row), and two harvesting methods (manual labor and digging machine). The results showed that the five-row system combined with manual harvesting (T5) produced the highest yield of 424.7 kg/rai and the highest net income of 2,733 baht/rai. The five-row system combined with machine harvesting (T6) resulted in a yield of 389.3 kg/rai and a net income of 2,129 baht/rai. The T6-treatment required the lowest harvesting cost of 496 baht/rai and used only 0.62 man-day of labor. These results indicate that although manual harvesting provided a higher net return, the use of a digging machine offers advantages in reducing labor requirements and therefore be an appropriate option for peanut production under conditions of farm labor shortage.

Keywords: Harvesting machine, KU Arda 20, Peanut, Planting spacing, Production economics

คำนำ

ถั่วลิสง (Arachis hypogaea L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ดอนและพื้นที่ที่มีความชื้นจำกัด เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย ใช้ระยะเวลาสั้น และให้ผลตอบแทนคุ้มค่า ทั้งในรูปของเมล็ดบริโภค เมล็ดแปรรูป และน้ำมันพืช การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจึงเป็นประเด็นที่สำคัญ โดยเฉพาะในด้านการจัดการระยะปลูกและวิธีการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อทั้งผลผลิตและต้นทุนการผลิตของเกษตรกร การจัดระยะปลูกอย่างเหมาะสมสามารถช่วยให้พืชได้รับแสงและพื้นที่เพียงพอในการเจริญเติบโต ลดการแข่งขันภายในแปลง ส่งผลให้ได้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น (ปาริชาติ และคณะ, 2566) นอกจากนี้ ในด้านการเก็บเกี่ยว ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งมีต้นทุนสูงและมีข้อจำกัดด้านแรงงานในฤดูเก็บเกี่ยว เครื่องจักรกลเกษตรจึงเป็นอีกทางเลือกที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยเฉพาะเครื่องขุดถั่วลิสงที่สามารถลดแรงงานคน และลดการสูญเสียผลผลิตในระหว่างเก็บเกี่ยวได้ (Bader et al., 2552) การใช้เครื่องจักรกลเกษตรเพื่อการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกาและอินเดีย ซึ่งมีการนำเครื่องจักรแบบขุด-พลิก-แยกดิน มาใช้ในแปลงปลูกขนาดใหญ่ โดยพบว่าสามารถลดต้นทุนแรงงานได้อย่างมีนัยสำคัญ และเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการได้ดี (Dawelbeit et al., 2542) การนำแนวคิดดังกล่าวมาปรับใช้กับระบบเกษตรกรรมของไทยจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจและมีศักยภาพ นอกจากนี้ การเลือกใช้พันธุ์ถั่วลิสงที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมและระบบการจัดการก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญ โดยพันธุ์ "เคยู อาร์ด้า 20" ซึ่งพัฒนาโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีจุดเด่นด้านผลผลิตสูง เมล็ดใหญ่ เปลือกบาง เหมาะสำหรับบริโภคทั้งแบบสดและแปรรูป อีกทั้งมีลักษณะการติดฝักค่อนข้างกระจุกตัวบริเวณโคนต้น ข้อต่อฝักแข็งแรง และทรงพุ่มเป็นแบบพุ่มแผ่ (ปาริชาติ และคณะ, 2566) ซึ่งเอื้อต่อการใช้เครื่องขุดและช่วยลดการสูญเสียฝักตกค้างในดิน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของระยะปลูกและวิธีการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อผลผลิต รายได้ และตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ของถั่วลิสงพันธุ์เคยู อาร์ด้า 20 เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตถั่วลิสงเชิงพาณิชย์ที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าต่อเกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสปลิทพลอตโดยการสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Split-Plot in Randomized Complete Block Design) ทำ 3 ซ้ำ โดยมีระยะปลูกเป็นปัจจัยแรกที่ถูกสุ่มในแปลงหลัก (main plot) และวิธีการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยที่สองที่ถูกสุ่มในแปลงย่อย (subplot) ที่มีขนาด 80 ตารางเมตร สำหรับปัจจัยแรก คือ ระยะปลูก 3 รูปแบบ ได้แก่ ปลูกแบบแถวเดี่ยวบนสันร่อง (ระยะห่างระหว่างแถว 50 เซนติเมตร และระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร) ซึ่งมีประชากรพืช 21,000 ต้นต่อไร่, ปลูกแบบแถวคู่บนสันร่อง (สันร่องกว้าง 85 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 25 เซนติเมตร และระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร) ซึ่งมีประชากรพืช 30,545 ต้นต่อไร่ และปลูกแบบห้าแถวบนสันร่อง (สันร่องกว้าง 160 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 25 เซนติเมตร และระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร) ซึ่งมีประชากรพืช 44,210 ต้นต่อไร่ ปัจจัยที่สอง คือ วิธีการเก็บเกี่ยว 2 วิธี ได้แก่ เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน และเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องขุดถั่วลิสงแบบต่อพ่วงรถแทรกเตอร์นั่งขับ ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยคณะนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Wiriyanora-anan et al., 2025) และการศึกษานี้มี 6 ตำรับการทดลองร่วม คือ (T1) ปลูกแบบแถวเดี่ยวร่วมกับเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน (T2) ปลูกแบบแถวเดี่ยวร่วมกับเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องขุด (T3) ปลูกแบบแถวคู่ร่วมกับเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน (T4) ปลูกแบบแถวคู่ร่วมกับเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องขุด (T5) ปลูกแบบห้าแถวร่วมกับเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน และ (T6) ปลูกแบบห้าแถวร่วมกับเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องขุด ทุกตำรับทดลองมีการปลูกถั่วลิสงพันธุ์เคยู อาร์ด้า 20 หลุมละ 2 เมล็ด โดยคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยไรโซเบียมและสารเคมีป้องกันโรคก่อนปลูกหว่านปุ๋ยเคมีสูตร 18–46–0 และ 0–0–60 อัตรา 22 กิโลกรัมต่อไร่ และ 25 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แบ่งใส่ 2 ครั้ง

ในช่วงเตรียมดินและระยะออกดอก ใส่ยิปซัมอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่หลังหว่านปุ๋ยครั้งที่สอง 7–10 วัน ควบคุมวัชพืชด้วยสารก่อนงอก และให้น้ำตามความต้องการของพืชด้วยระบบน้ำหยด เก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่อายุ 100–110 วันหลังปลูก เมื่อต้นถั่วลิสงมีจำนวนฝักแก่เกิน 70 เปอร์เซ็นต์ โดยเก็บเกี่ยวตามตำรับทดลอง ได้แก่ การถอนด้วยแรงงานคน และการใช้เครื่องขุดถั่วลิสงแบบต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ จากนั้นปลิดฝักโดยแรงงานคนเฉพาะฝักดี ฝักที่สมบูรณ์ ไม่มีความเสียหาย และสุกแก่ แล้วนำไปตากลดความชื้นให้ต่ำกว่า 9 เปอร์เซ็นต์

เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ 7, 14 และ 21 วันหลังปลูก และผลผลิตของถั่วลิสงเมื่อเก็บเกี่ยว โดยบันทึกน้ำหนักของฝักดี (ฝักที่ไม่มีความเสียหายจากการเก็บเกี่ยว) ฝักเสีย (ฝักที่มีความเสียหายจากการเก็บเกี่ยว) และฝักที่ตกค้างในดินจากการเก็บเกี่ยว คำนวณและรายงานน้ำหนักต่อไร่ของฝักดีและฝักเสีย เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของฝักตกค้างในดินและฝักเสียเมื่อเทียบกับฝักดี รวมทั้งปริมาณผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งคำนวณจากน้ำหนักฝักดี ที่ความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวัดค่าความชื้นฝักแห้งหลังจากตาก ทำโดยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อนและคำนวณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไปหลังอบ หลังจากนั้นคำนวณปรับค่าน้ำหนักฝักแห้งทุกตัวอย่างที่ความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มีการคำนวณค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvest index) จากสัดส่วนน้ำหนักฝักแห้งต่อน้ำหนักแห้งของทั้งต้น ในระหว่างเก็บเกี่ยวมีการบันทึกเวลาในการถอนต้นถั่วลิสงทั้งด้วยแรงงานคนและเครื่องขุด และเวลาในการปลิดฝักถั่วลิสง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่ขนาด 1 ไร่ มีหน่วยเป็นวันทำงานต่อคน (man-day) โดยหนึ่ง man-day หมายถึง หน่วยวัดปริมาณแรงงาน โดยเทียบเท่ากับแรงงาน 1 คนปฏิบัติงานเต็มเวลา 1 วัน ใช้สำหรับประเมินความต้องการแรงงานและคำนวณต้นทุนแรงงานต่อหน่วยพื้นที่ สำหรับดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ที่ประเมิน ได้แก่ รายได้ (บาทต่อไร่) ซึ่งคำนวณจากค่าผลผลิตคูณด้วยราคาฝักแห้งที่รับซื้อ 30 บาทต่อกิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) ต้นทุนการผลิตทั้งหมด (บาทต่อไร่) เป็นผลรวมรายจ่ายจาก ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าเตรียมดิน ค่าปุ๋ย ค่าสารเคมี ค่าน้ำ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว และรายได้สุทธิ (บาทต่อไร่) ซึ่งเป็นผลจากรายได้ลบต้นทุนการผลิต นอกจากนี้มีการประเมินระยะเวลาคืนทุน (payback period) โดยคำนวณตามวิธีการของ Hamza Ahmed and Gallegos (2566) ซึ่งคำนวณได้ด้วยการหักเงินลงทุนออกจากรายได้ในการใช้เครื่องขุด และจุดคุ้มทุน (break-even point) ตามวิธีการของ Sarker (2558) ซึ่งพิจารณาจากต้นทุนคงที่รวม (ค่าเสื่อมราคาเครื่องขุดและค่าใช้จ่ายคงที่ที่เกี่ยวข้องกับการลงทุน ได้แก่ เงินลงทุนเริ่มต้นในการจัดซื้อเครื่องขุด ดอกเบี้ยเงินทุน และค่าใช้จ่ายคงที่ที่ไม่ขึ้นกับปริมาณการผลิต) หารด้วยส่วนต่างของรายได้ต่อหน่วยและต้นทุนผันแปรต่อหน่วย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการประเมินความงอกในไร่ของถั่วลิสงที่อายุ 7, 14 และ 21 วันหลังปลูก พบว่า ถั่วลิสงทุกตำรับทดลอง [T1-T6] มีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันโดยที่อายุ 7 วันหลังปลูก เมล็ดถั่วลิสงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ระหว่าง 93.9 ถึง 97.5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นที่อายุ 14 และ 21 วันหลังปลูก เมล็ดถั่วลิสงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้นเป็น 96.1–98.1 เปอร์เซ็นต์ (14 วันหลังปลูก) และ 98.8–99.2 เปอร์เซ็นต์ (21 วันหลังปลูก) (Table 1) ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความงอกที่สูงนี้ทำให้ได้จำนวนประชากรพืชมีจำนวนใกล้เคียงตามที่ต้องการในแต่ละระยะปลูก

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยทดลองสองปัจจัย ปรากฏว่า ระยะปลูกมีผลต่อผลผลิต โดยการปลูกแบบห้าแถวบนสันร่องให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด (406.9 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาคือการปลูกแบบสองแถวบนสันร่อง (363.7 กิโลกรัมต่อไร่) และการปลูกแบบหนึ่งแถวบนสันร่อง (310.0 กิโลกรัมต่อไร่) ในขณะที่การปลูกแบบห้าแถวบนสันร่องมีผลตอบแทนสุทธิสูงสุด และการปลูกแบบหนึ่งแถวบนสันร่องกับการปลูกแบบสองแถวมีการใช้แรงงานสูงสุด 22.48 และ 22.91 ตามลำดับ man-day (Table 2) ในทำนองเดียวกัน วิธีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงสองวิธี

ให้ผลแตกต่างกัน คือ การถอนต้นถั่วลิสงด้วยเครื่องขุดถั่วลิสง ให้ผลผลิต 389.3 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำกว่าการถอนต้นถั่วลิสงด้วยแรงงานคน แต่มีต้นทุนการถอนถั่วลิสง และรายได้สุทธิต่ำกว่า (Table 3)

สำหรับผลของตำรับทดลองร่วม [T1-T6] ที่มีต่อผลผลิตฝักแห้งของถั่วลิสง (ความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์) การใช้แรงงาน และดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ ปรากฏว่าถั่วลิสงทุกตำรับทดลอง ให้ผลผลิตฝักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยผลผลิตตั้งแต่ 304.3 ถึง 424.7 กิโลกรัมต่อไร่ และค่าเฉลี่ยของทุกตำรับทดลองเท่ากับ 360.7 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการปลูกถั่วลิสงแบบห้าแถวบนสันร่องร่วมกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน [T5] ให้ผลผลิตฝักแห้งสูงสุดคือ 424.7 กิโลกรัมต่อไร่ การถอนต้นถั่วลิสงใช้ 3.18 man-day และมีค่าใช้จ่าย 954 บาทต่อไร่ รองลงมาคือการปลูกแบบห้าแถวบนสันร่องร่วมกับการใช้เครื่องขุด [T6] ให้ผลผลิตฝักแห้ง 389.3 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้ 0.62 man-day และค่าใช้จ่าย 496 บาทต่อไร่ สำหรับถอนต้นถั่วลิสง ซึ่งต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งนี้ ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นในระบบห้าแถวอาจสัมพันธ์กับความหนาแน่นประชากรพืชที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบแถวเดี่ยวและแถวคู่ ในขณะที่การปลูกแถวเดี่ยวบนสันร่องร่วมกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน [ตำรับทดลองที่ 1] ให้ผลผลิตฝักแห้งน้อยที่สุดคือ 304.3 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวน man-day ถอน 4.33 และมีค่าใช้จ่ายในการถอนสูงที่สุดคือ 1,299 บาทต่อไร่ ส่วนการปลูกแถวเดี่ยวบนสันร่องร่วมกับการใช้เครื่องขุด [ตำรับทดลองที่ 2] ให้ผลผลิตฝักแห้ง 315.7 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวน man-day ถอน 1.14 และมีค่าใช้จ่ายในการถอน 912 บาทต่อไร่ (Table 4 และ Table 5)

Table 1 Mean germination percentage at 7, 14, and 21 days after sowing from experimental plots for testing the prototype tractor-mounted peanut digger at Lopburi Research Station, Khok Charoen District, Lopburi Province, in the dry season of the 2024/25 cropping year

Treatment[1/]	Germination in field (%)		
	7 DAS	14 DAS	21 DAS
T1 (Single row + Hand pulling)	94.7	96.7	98.9
T2 (Single row + Digger)	93.9	96.1	98.9
T3 (Double row + Hand pulling)	96.2	97.3	98.8
T4 (Double row + Digger)	95.8	97.0	98.8
T5 (Five rows + Hand pulling)	95.0	97.2	98.8
T6 (Five rows + Digger)	97.5	98.1	99.2
Mean	95.5	97.1	98.9
LSD (0.05) for planting pattern	-	-	-
LSD (0.05) for harvesting method	-	-	-
LSD (0.05) for interaction A × B	-	-	-

T1–T6 = Treatment combinations of planting pattern and harvesting method

DAS = Days After Sowing

Table 2 Effect of planting patterns on pod yield, harvest index, labor requirement (man-day), pulling cost, stripping cost, and net income from experimental plots for testing the prototype tractor-mounted peanut digger at Lopburi Research Station, Khok Charoen District, Lopburi Province, in the dry season of the 2024/25 cropping year

Spacing	Yield (kg/rai)	Man-day	Harvest index	Cost (Pulling) (Baht/rai)	Cost (Stripping) (Baht/rai)	Net income (Baht/rai)
Single row	310.0[c]	22.48[a]	0.41[a]	1,106[c]	6,572[b]	1,095[c]
Double row	363.7[b]	22.91[a]	0.33[b]	934[b]	6,442[a]	2,130[b]
Five rows	406.9[a]	26.88[b]	0.46[a]	725[a]	7,732[c]	2,660[a]
Average	360.7	24.09	0.39	921	6,915	1,747
LSD (0.05) for planting pattern	20.11	2.57	0.018	200.3	48.5	603.4

Means in the same column followed by different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ based on the LSD test

Table 3 Effect of harvesting methods on pod yield, uncollected pods (%), damaged pods (%), pulling cost, and net income from experimental plots for testing the prototype tractor-mounted peanut digger at Lopburi Research Station, Khok Charoen District, Lopburi Province, in the dry season of the 2024/25 cropping year

Harvest method	Yield (kg/rai)	Uncollected pods (%)	Damaged pods (%)	Cost (Pulling) (Baht/rai)	Net income (Baht/rai)
Hand pulling	424.7	2.91	0.13	1,136	1,653
Digger machine	389.3	2.99	0.14	707	1,841
Average	360.7	3.00	0.13	921	1,747
LSD (0.05) for harvesting method	ns	ns	ns	ns	ns

Mean separation was not performed because treatment effects were not significant at $p \leq 0.05$

Table 4 Mean pod yield at 9% moisture content, marketable pod weight, uncollected pod weight, damaged pod weight due to pulling, proportion of uncollected pods and damaged pods to marketable pod weight (%), and harvest index from the experimental field of the prototype tractor-mounted peanut digger at Lopburi Research Station, Khok Charoen District, Lopburi Province, dry season 2024/2025

Treatment[1/]	Pod yield at 9% MC (kg/rai)	Uncollected pods (kg/rai)	Damaged pods (kg/rai)	Uncollected pods (%)	Damaged pods (%)	Harvest index
T1 (Single row + Hand pulling)	304.3^{d}	8.4^{c}	0.35^{b}	2.73^{b}	0.12^{b}	0.42^{a}
T2 (Single row + Digger)	315.7^{d}	8.4^{c}	0.39^{b}	2.70^{b}	0.12^{b}	0.40^{a}
T3 (Double row + Hand pulling)	363.7^{c}	14.5^{a}	0.43^{b}	3.99^{a}	0.12^{b}	0.33^{b}
T4 (Double row + Digger)	363.6^{c}	14.5^{a}	0.43^{b}	4.04^{a}	0.12^{b}	0.33^{b}
T5 (Five rows + Hand pulling)	424.7^{a}	8.6^{b}	0.59^{a}	2.02^{d}	0.14^{a}	0.44^{a}
T6 (Five rows + Digger)	389.3^{b}	8.7^{b}	0.69^{a}	2.23^{c}	0.18^{a}	0.43^{a}
Mean	360.7	10.5	0.48	3.0	0.13	0.39
LSD (0.05) for planting pattern	13.4	0.07	0.08	0.12	0.02	0.03
LSD (0.05) for harvesting method	12.04	-	-	-	-	-
LSD (0.05) for interaction A × B	11.9	-	-	0.1	-	-

[1]T1-T6 = Treatment combinations of planting pattern and harvesting method

MC = Moisture Content

Means in the same column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$ based on LSD test

Table 5 Mean values of man-days for pulling and stripping, labor costs for pulling and stripping (Baht/rai), total man-days, and total labor costs (Baht/rai) from the experimental plots for testing the prototype tractor-mounted peanut digger at Lopburi Research Station, Khok Charoen District, Lopburi Province, dry season 2024/2025

Treatment[1/]	Man-days (Pulling)	Man-days (Stripping)	Total man-days	Cost (Pulling) (Baht/rai)	Cost (Stripping) (Baht/rai)	Total labor cost (Baht/rai)
T1 (Single row + Hand pulling)	4.33 b	22.02 a	23.95 a	1,299 f	6,606 a	7,905 b
T2 (Single row + Digger)	1.14 a	21.79 a	21.94 a	912 c	6,538 a	7,450 a
T3 (Double row + Hand pulling)	3.85 b	21.17 a	23.02 a	1,155 e	6,350 a	7,505 a
T4 (Double row + Digger)	0.89 a	21.78 a	21.87 a	712 b	6,533 a	7,245 a
T5 (Five rows + Hand pulling)	3.18 b	26.33 b	28.51 b	954 d	7,899 c	8,853 c
T6 (Five rows + Digger)	0.62 a	25.22 b	25.26 b	496 a	7,565 b	8,061 b
Mean	2.34	23.05	24.09	921	6,915	7,837
LSD (0.05) for planting pattern	0.09	2.55	2.55	15.78	277.17	285.9
LSD (0.05) for harvesting method	0.22	-	-	24.51	-	-
LSD (0.05) for interaction A × B	0.09	-	-	14.69	-	-

[1]T1–T6 = Treatment combinations of planting pattern and harvesting method

Means in the same column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$ based on LSD test

สำหรับน้ำหนักฝักดีที่ได้จากการเก็บเกี่ยว น้ำหนักฝักดีที่ตกค้างในดิน น้ำหนักฝักเสียหายจากการถอนต้นถั่วลิสง และสัดส่วนฝักตกค้างในดินเทียบกับน้ำหนักฝักดี ของถั่วลิสงแต่ละตำรับทดลอง [1–6] มีความแตกต่างกัน ($p < 0.01$) และสัดส่วนฝักเสียหายจากการถอนเทียบกับน้ำหนักฝักดีมีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยการปลูกถั่วลิสงแบบห้าแถวบนสันร่องร่วมกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน [ตำรับทดลองที่ 5] และการปลูกแบบห้าแถวบนสันร่องร่วมกับ

การใช้เครื่องขุด [ตำรับทดลองที่ 6] มีน้ำหนักฝักดีที่ได้จากการเก็บเกี่ยวสูงสุด คือ 424.7 และ 389.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักฝักดีที่ตกค้างในดินเท่ากับ 8.6 และ 8.7 กิโลกรัมต่อไร่ และสัดส่วนฝักตกค้างในดินเทียบกับน้ำหนักฝักดีเท่ากับ 2.02 และ 2.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าระบบแถวเดี่ยวและแถวคู่ สะท้อนถึงประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวที่ดีในระบบปลูกแบบห้าแถวทั้งนี้ การปลูกแบบห้าแถว (T5 และ T6) มีสัดส่วนฝักตกค้างในดิน (uncollected pods) น้อยที่สุด ซึ่งเป็นข้อดี เนื่องจากช่วยลดการสูญเสียผลผลิตในแปลง ทั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพันธุ์ เคยู อาร์ด้า 20 ที่มีโครงสร้างลำต้นและการติดฝักเหมาะสมกับระบบปลูกแบบห้าแถว ทำให้ตำแหน่งฝักไม่กระจายตัวมากนักและเอื้อต่อประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยว ในขณะที่การปลูกแถวเดี่ยวบนสันร่องร่วมกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน [ตำรับทดลองที่ 1] และการปลูกแถวเดี่ยวร่วมกับการใช้เครื่องขุด [ตำรับทดลองที่ 2] มีน้ำหนักฝักเสียหายจากการถอนต่ำที่สุด คือ 0.35 และ 0.39 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และสัดส่วนฝักเสียหายจากการถอนเทียบกับน้ำหนักฝักดีเท่ากับ 0.12 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าตำรับทดลองอื่นในตัวแปรน้ำหนักฝักเสียหายจากการถอน (Table 4)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วลิสงแต่ละตำรับทดลอง [1–6] มีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.33 ถึง 0.44 โดยการปลูกแถวเดี่ยวบนสันร่อง + เก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนถอนต้นถั่วลิสง [ตำรับทดลองที่ 1] การปลูกแถวเดี่ยวบนสันร่อง + เก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องขุดถั่วลิสงแบบต่อพ่วงรถแทรกเตอร์นั่งขับโมเดลใหม่ [ตำรับทดลองที่ 2] การปลูกถั่วลิสงแบบห้าแถวบนสันร่อง + เก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนถอนต้นถั่วลิสง [ตำรับทดลองที่ 5] และ การปลูกแบบห้าแถวบนสันร่อง + เก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องขุดถั่วลิสงแบบต่อพ่วงรถแทรกเตอร์นั่งขับโมเดลใหม่ [ตำรับทดลองที่ 6] มีค่าอยู่ในกลุ่มค่าสูงและไม่แตกต่างกันทางสถิติ 0.42, 0.40, 0.44 และ 0.43 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งสะท้อนถึงการจัดสรรน้ำหนักแห้งไปยังส่วนฝักได้อย่างมีประสิทธิภาพในระบบดังกล่าว

ระยะปลูกมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อผลผลิต รายได้ และตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ของถั่วลิสง โดยเฉพาะระบบปลูกแบบห้าแถวซึ่งให้ผลผลิตสูงและสม่ำเสมอกว่าระบบแถวเดี่ยวและแถวคู่ ทั้งนี้ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระยะปลูก (ปัจจัย A) มีผลต่อผลผลิต รายได้ และผลผลิตสุทธิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.01$) ในขณะเดียวกัน วิธีการเก็บเกี่ยว (ปัจจัย B) ก็มีผลอย่างชัดเจน โดย การใช้เครื่องขุดมีผลต่อการลดต้นทุนแรงงานและจำนวน man-day อย่างมีนัยสำคัญ และยังพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะปลูกและวิธีการเก็บเกี่ยว (A × B interaction) ในบางลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบปลูกแบบห้าแถว สะท้อนถึงความเหมาะสมของการใช้เครื่องขุดในระบบที่มีความหนาแน่นประชากรพืชสูง

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลผลิตตามตารางที่ 4 พบว่า ชุดการทดลอง T5 (ห้าแถว + แรงงานคน) ให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุดที่ 424.7 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ T6 (ห้าแถว + เครื่องขุด) ที่ 389.3 กิโลกรัม/ไร่ และ T4 (แถวคู่ + เครื่องขุด) ที่ 363.6 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบปลูกแบบห้าแถวมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตอย่างชัดเจน ขณะที่การใช้เครื่องขุดช่วยลดต้นทุนแรงงานแต่ไม่ได้ทำให้รายได้สุทธิสูงกว่าการใช้แรงงานคน ทั้งนี้ รายได้สุทธิสูงสุดพบใน T5 ที่ 2,733 บาท/ไร่ รองลงมาคือ T6 กับ T4 ที่ 2,129 บาท/ไร่ T4 ที่ 1,592 บาท/ไร่ และ T3 ที่ 1,687 บาท/ไร่ โดยมีตัวอักษรแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง (Table 6)

Table 6 Mean values of yield (kg/rai), income (Baht/rai), net income (Baht/rai), payback period (year), and break-even point (rai) from the experimental plots for testing the prototype tractor-mounted peanut digger at Lopburi Research Station, Khok Charoen District, Lopburi Province, dry season 2024/2025

Treatment[1/]	Yield (kg/rai)	Income (Baht/rai)	Net income (Baht/rai)	Payback period (year)	Break-even point (rai)
T1 (Single row + Hand pulling)	304.3[d]	9,130[d]	538[d]	0.658[b]	14.2[b]
T2 (Single row + Digger)	315.7[d]	9,470[d]	1,265[c]	0.449[b]	9.7[b]
T3 (Double row + Hand pulling)	363.7[c]	10,910[c]	1,687[b]	0.253[a]	5.5[a]
T4 (Double row + Digger)	363.6[c]	10,909[c]	2,129[b]	0.251[a]	5.4[a]
T5 (Five rows + Hand pulling)	424.7[a]	12,740[a]	2,733[a]	0.166[a]	3.6[a]
T6 (Five rows + Digger)	389.3[b]	11,678[b]	2,129[b]	0.251[a]	5.4[a]
Mean	360.7	10,806	1,747	0.340	7.47
LSD (0.05) for planting pattern	24.63	738.78	738.78	0.315	6.801
LSD (0.05) for harvesting method	19.90	597.02	597.02	0.274	5.927
LSD (0.05) for interaction A × B	19.90	597.02	597.02	0.274	5.927

[1]T1–T6 = Treatment combinations of planting pattern and harvesting method

Means in the same column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$ based on LSD test

ในด้านตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน และจุดคุ้มทุน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดด้านความคุ้มค่าการลงทุน พบว่า T5 (ห้าแถว + แรงงานคน) มีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุดที่ 0.166 ปี และมีจุดคุ้มทุนต่ำสุดที่ 3.6 ไร่ ขณะที่ T6 (ห้าแถว + เครื่องขุด) มีระยะเวลาคืนทุน 0.251 ปี และจุดคุ้มทุน 5.4 ไร่ อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องขุดสามารถลดต้นทุนผันแปรด้านแรงงานลงได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน เนื่องจากมีจำนวนแรงงานที่ใช้และค่าใช้จ่ายในการถอนต่ำกว่า ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพด้านการจัดการแรงงานในแปลงขนาดใหญ่ แม้ว่าระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องขุดจะยาวกว่าการใช้แรงงานคน แต่มีศักยภาพในการลดความเสี่ยงจากปัญหาการขาดแคลนแรงงานในช่วงฤดูเก็บเกี่ยว (Table 6)

สรุป

การศึกษานี้พบว่า การปลูกถั่วลิสงแบบห้าแถวให้ผลผลิตสูงกว่าระบบแถวเดี่ยวและแถวคู่ โดยการปลูกแบบห้าแถวร่วมกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนให้ผลผลิตสูงสุดที่ 424.7 กิโลกรัมต่อไร่ และสร้างรายได้สุทธิสูงสุด 2,733 บาทต่อไร่ มีระยะเวลาคืนทุน 0.166 ปี และจุดคุ้มทุนที่ 3.6 ไร่ อย่างไรก็ตาม การปลูกแบบห้าแถวร่วมกับการใช้เครื่องขุด แม้ให้ผลตอบแทนสุทธิต่ำกว่าเล็กน้อย แต่มีค่าใช้จ่ายในการถอนต่ำที่สุด (496 บาทต่อไร่) และใช้แรงงานเพียง 0.62 man-day ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพการลดการพึ่งพาแรงงานอย่างมีนัยสำคัญ การวิเคราะห์ความแปรปรวนยืนยันว่าปัจจัยระยะปลูกมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลผลิตและตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ ขณะที่วิธีการเก็บเกี่ยวมีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะต้นทุนผันแปรด้านแรงงาน แม้ว่าการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนในระบบห้าแถวจะให้รายได้สุทธิสูงกว่าเนื่องจากให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่า แต่ระดับการตกค้างของฝักในดินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ บ่งชี้ว่าการใช้เครื่องขุดสามารถรักษาประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวได้ในระดับใกล้เคียงกัน พร้อมทั้งเพิ่มความคุ้มค่าเชิงระบบในระยะยาว

ผ่านการลดต้นทุนแรงงานและเพิ่มความสามารถในการดำเนินงานในพื้นที่ขนาดใหญ่ ดังนั้น การใช้เครื่องขุดในระบบปลูกแบบห้าแถวจึงเป็นทางเลือกเชิงกลยุทธ์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถั่วลิสงเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะในบริบทของการขาดแคลนแรงงานและการขยายขนาดการผลิตของเกษตรกรไทย

กิตติกรรมประกาศ

งานนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการการพัฒนาเครื่องขุดถั่วลิสงแบบต่อพ่วงรถแทรกเตอร์นั่งขับ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.)

เอกสารอ้างอิง

ปาริชาติ พรมโชติ และคณะ. 2566. การปลูกถั่วลิสง พันธุ์เคยู อาร์ด้า 20 (KU ARDA 20). พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2567. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 402. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Bader, M.J., Sumner, P.E. 2009. Peanut digger and combine efficiency. Univ. Georgia Coop. Ext. Bull. 1087.

Dawelbeit, M.I., Wright, M.E. 1999. Design and testing of a vibratory peanut digger. Appl. Eng. Agric. 15: 389–392. doi.org/10.13031/2013.13275

Ahmed, H., Miller, E. 2023. Needs analysis and payback models for tractor design based on field data from farmers in Sudan. World. 4: 698–708. doi.org/10.3390/world4010045

Sarker, T.R., Alam, M., Haque, M.A., Zaman, K.S. 2015. An analysis of break-even acreage of farm machineries for postharvest operations available in Bangladesh. Bangladesh J. Agric. Eng. 26: 61–71.

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวและข้าวสีเมล็ดยาวพิเศษ โดยการผสมระหว่างพันธุ์ข้าวบาสมาติ 1121 และไรซ์เบอร์รี่

Breeding for white and pigmented rice with extra long grain by crossed between Basmati 1121 and riceberry

ศิวพร กาญจนาวิศิษฏ์, จำเนียร ชมภู, ชเนษฎ์ ม้าลำพอง*
Siwaporn Kanjanawisit, Jamnian Chompoo, Chanate Malumpong*
ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: agrcnm@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวและข้าวสีม่วงเข้มที่เป็นเมล็ดยาวพิเศษเพื่อให้ตรงกับความต้องการของตลาดข้าวในกลุ่มตะวันออกกลาง โดยการผสมข้ามระหว่างพันธุ์บาสมาติ 1121 กับ พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ เพื่อให้ได้เมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 จากนั้นจึงปลูกประชากรชั่วที่ 2 จำนวน 300 ต้น โดยให้แต่ละต้นผสมตัวเองแล้วจึงเก็บเมล็ดชั่วที่ 3 ด้วยวิธีเมล็ดเดียวต่อต้น ผลการประเมินการกระจายตัวของสีเยื่อหุ้มเมล็ดในประชากรชั่วที่ 2 พบว่าอัตราส่วนการเกิดสีม่วงเข้ม สีแดง และสีขาว ในอัตราส่วน 9:3:4 ซึ่งบ่งชี้ว่าสีของเยื่อหุ้มเมล็ดถูกควบคุมด้วยยีน 2 คู่ แบบปฏิกิริยายีนข่มข้ามคู่แบบ Recessive Epistasis ส่วนการกระจายตัวของความยาวเมล็ดข้าวกล้อง และการยืดตัวของเมล็ดหลังหุงสุก มีการกระจายตัวแบบต่อเนื่องปกติ ต่อมาในชั่วที่ 4 สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความยาวของเมล็ดข้าวกล้องที่มากกว่า 7.0 มิลลิเมตร และอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวหลังหุงสุกมากกว่า 14.0 มิลลิเมตร ได้ 11 สายพันธุ์ ประกอบด้วยสายพันธุ์เยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว จำนวน 5 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงเข้ม จำนวน 6 สายพันธุ์ ซึ่งจะนำไปทดสอบผลผลิตเบื้องต้นในชั่วที่ 5 ต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวขาว, ข้าวเมล็ดยาวพิเศษ, ข้าวสี, โภชนาการสูง

Abstract

This research aimed to improve extra-long-grain white and dark purple rice varieties to meet the demand of the Middle East rice market. Basmati 1121 was crossed with Riceberry to obtain F_1 hybrid seeds. A F_2 population of 300 plants was then planted, allowing each plant to self-pollinate, and F_3 seeds were collected using the single seed descent method. The evaluation of aleurone layer color segregation in the F_2 population revealed a ratio of 9:3:4, indicating that the aleurone layer color is controlled by two genes via recessive epistasis. The segregation of brown rice grain length and cooked grain elongation was normal continuous distribution. In F_4, eleven lines with brown rice grain lengths greater than 7.0 mm and cooked grain elongation rates greater than 14.0 mm were selected. These lines included five white lines and six dark purple lines, which will be tested for preliminary yield trial in F_5.

Keywords: Dark purple rice, Extra long grain rice, High nutrition, White rice

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตข้าวอันดับ 6 ของโลก คิดเป็นสัดส่วน 4.1% ของผลผลิตข้าวทั่วโลก และเป็นผู้ส่งออกข้าวอันดับ 2 ของโลก มีส่วนแบ่งตลาดคิดเป็น 16.0% รองจากอินเดียที่มีส่วนแบ่งตลาด 37.1% (ชัยวัฒน์, 2567) โดยมีการส่งออกข้าวหลายประเภท ได้แก่ ข้าวขาว (white rice) ข้าวหอมมะลิ (Jasmine rice) ข้าวนึ่ง (parboiled rice) และข้าวเหนียว (glutinous rice) (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2568)

ในปัจจุบัน ข้าวสี (colored rice) เป็นข้าวอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมมากขึ้นจากผู้บริโภคในชุมชนเมือง เนื่องจากมีการคำนึงถึงการดูแลสุขภาพและสภาวะโภชนาการที่เพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2566–2567 มีการเพาะปลูกข้าวกล้องหรือข้าวสีมากถึง 559,403 ไร่ พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกส่วนใหญ่คือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวมันปู ข้าวเหนียวดำ ข้าวก่ำดอยสะเก็ด และ ข้าวสังข์หยดพัทลุง (กรมการข้าว, 2567) อภิชาติและคณะ (2551) ได้พัฒนาข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งเป็นข้าวสีม่วงเข้มที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นสารกลุ่มย่อยหลักของฟลาโวนอยด์ที่มีหน้าที่ทางชีวภาพที่หลากหลาย และมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์โดยเฉพาะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (Xia et al., 2021) นอกจากนี้ ข้าวที่มีลักษณะเฉพาะอื่น ๆ ซึ่งไม่มีในตลาดข้าวไทย ได้แก่ ข้าวบาสมาติ มีคุณลักษณะพิเศษ คือ เมล็ดข้าวสารยาวพิเศษ เมื่อหุงสุกมีเนื้อสัมผัสปานกลางถึงแข็งและแห้ง รสชาติอ่อย มีกลิ่นคล้ายข้าวโพดคั่ว และมีการยืดตัวหลังหุงสุกที่ดีมาก ซึ่งเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคในเอเชียใต้ เอเชียตะวันออกกลาง และแอฟริกา ซึ่งมีราคาขายที่สูงเนื่องจากมีความต้องการจากตลาดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งประเทศอินเดียและปากีสถานเป็นผู้ส่งออกข้าวบาสมาติ (Siddiq, 2012) อย่างไรก็ตาม ข้าวประเภทดังกล่าวนี้ไม่พบในเชื้อพันธุกรรมข้าวไทย

ดังนั้น เพื่อสร้างโอกาสในการพัฒนาพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะเฉพาะใหม่สำหรับการแข่งขันในตลาดข้าว งานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยการผสมข้ามระหว่างข้าวพันธุ์บาสมาติ 1121 (เมล็ดยาวพิเศษและมีการยืดตัวหลังหุงสุกที่ดีมาก) กับ พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ (เมล็ดข้าวมีสารโภชนาการสูง) เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ที่มีการรวมของลักษณะข้าวเมล็ดยาวพิเศษ ที่มีการยืดตัวหลังหุงสุกที่ดีมาก และมีเยื่อหุ้มเมล็ดทั้งสีขาวและสีม่วงเข้ม เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและสร้างตลาดใหม่ของข้าวไทยให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคในกลุ่มเอเชียตะวันออกกลาง และแอฟริกา

อุปกรณ์และวิธีการ

การผสมพันธุ์ข้าวและการคัดเลือกแบบเมล็ดเดียวต่อต้น

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 ถึงปี พ.ศ. 2568 โดยการผสมพันธุ์ข้าวระหว่างพันธุ์บาสมาติ 1121 (แม่) กับไรซ์เบอร์รี่ (พ่อ) ณ แปลงวิจัยข้าว คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม จากนั้นปลูกเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 และผสมตัวเองให้ได้ประชากรชั่วที่ 2 จำนวน 300 ต้น ทำการเก็บข้อมูลการกระจายตัวของลักษณะทางพันธุกรรมของการเกิดสีที่เยื่อหุ้มเมล็ดในประชากรชั่วที่ 2 เพื่อยืนยันการควบคุมการเกิดสีที่เยื่อหุ้มเมล็ดของยีน 2 ตำแหน่งด้วยวิธี Chi-square จากนั้นให้แต่ละต้นของประชากรชั่วที่ 2 ผสมตัวเองจนได้ประชากรชั่วที่ 3 โดยการคัดเลือกแบบเมล็ดเดียวต่อต้น (single seed descent) โดยสุ่มเก็บ 1 เมล็ดจากแต่ละต้น ได้ประชากรชั่วที่ 3 จำนวน 300 ต้น จากนั้นทำการปลูกและคัดเลือกแบบจดประวัติตั้งแต่ชั่วที่ 3 โดยคัดเลือกจากความยาวของเมล็ดข้าวสาร (> 7.0 มม.) การยืดตัวของเมล็ดข้าวหลังหุงสุก (> 13.0 มิลลิเมตร) เพื่อนำไปปลูกคัดเลือกในชั่วที่ 4 นอกจากนี้ยัง ทำการเก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ วันออกดอก, ความสูงต้น, จำนวนต้นต่อกอ, จำนวนรวงต่อกอ, ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตต่อต้น (กรัม)

อัตราการยืดตัวของเมล็ด

ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวสารเต็มเมล็ดของแต่ละสายพันธุ์จำนวน 20 เมล็ด ต่อการทำซ้ำ 3 ครั้ง ตามวิธีของ Juliano (1985) แล้ววัดความยาวเมล็ดข้าวจำนวน 10 เมล็ดจากแต่ละตัวอย่างและคำนวณค่าเฉลี่ยต่อกลุ่มตัวอย่าง จากนั้น นำข้าวสารจำนวน 20 เมล็ดใส่ลงในหลอดทดลองพร้อมน้ำเย็นแช่ไว้เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำหลอดทดลองลงต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา ยกหลอดทดลองขึ้นจากน้ำเดือดและนำไปแช่ในน้ำเย็นเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเทเมล็ดข้าวสุกลงในจานแก้ว (Petri dish) และเลือกเมล็ดข้าวหุงสุกจำนวน 10 เมล็ด (งามชื่น, 2536) เพื่อทำการวัดการยืดตัวและคำนวณอัตราการยืดตัวของข้าวสุกตามสมการ (Equation 1)ดังนี้

$$\text{อัตราการยืดตัวของข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร}}$$

คัดเลือกเมล็ดข้าวสุกที่มีความยาวของเมล็ดมากกว่า 14.0 มิลลิเมตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การกระจายตัวของการเกิดสีเยื่อหุ้มเมล็ด

ค่าการกระจายตัวทางพันธุกรรมของประชากรชั่วที่ 2 จำนวน 271 ต้น (เก็บข้อมูลไม่ได้ 19 ต้น) เป็นไปตามกฎของเมนเดล โดยพบว่า มีการแยกตัวของฟีโนไทป์ ได้แก่ สีม่วงเข้ม สีแดง และสีขาว ในอัตราส่วน 150:51:70 เมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R ด้วยวิธี Chi-square พบว่าค่าที่ได้ตรงกับอัตราส่วนทางทฤษฎี 9:3:4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการเกิดสีเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นการทำงานของยีน 2 คู่แบบ recessive epistasis โดย homozygous recessive ของยีนตำแหน่งหนึ่ง สามารถข่มการแสดงออกของยีนอีกตำแหน่งหนึ่ง (ชเนษฎ์, 2562) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของอุทุมพร และคณะ (2563) ที่รายงานว่าสีเมล็ดข้าวกล้องในประชากรชั่วที่ 2 จากคู่ผสม ไรซ์เบอร์รี่ (สีม่วง) x ก.วก.2 (สีขาว) เป็นไปตามอัตราส่วนของเมล็ด สีม่วงเข้ม สีแดง และสีขาว ในอัตราส่วน 9:3:4 ตามลำดับ และยังสอดคล้องกับ Kyung et al. (2018) ที่รายงานว่า อัตราส่วนการเกิดสีที่เยื่อหุ้มเมล็ด เท่ากับ 9:3:4 โดยมีการควบคุมของยีนเป็นแบบ recessive epistasis เช่นกัน (Table 1 และ Fig. 1)

Table 1 The Chi-square value of seed coat color segregation in F_2 progeny derive from Basmati 1121 (white) x Riceberry (dark purple) in ratio 9:3:4

Grain colored	Ratio	Basmati x Riceberry	
		Observation	Expectation
Black	9/16	150	152.43
Brown	3/16	51	50.81
White	4/16	70	67.75
Total	271	271	
Result	Chi-squared = 0.11439, df = 2		
	p-value = 0.9444		

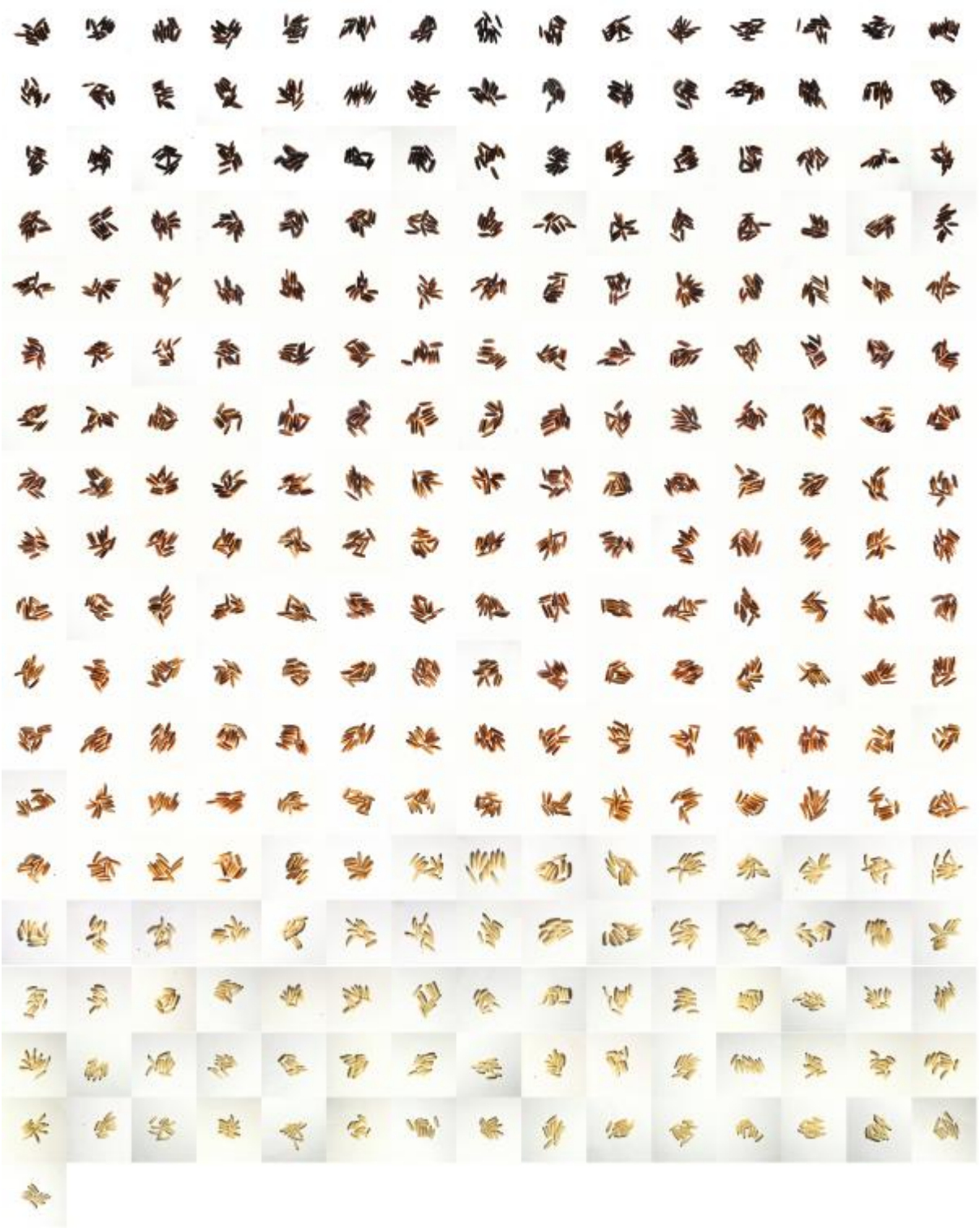


Fig. 1 The segregation of aleurone layer color in F_2 population derived from Basmati1121 (white) x Riceberry (dark purple)

การกระจายตัวทางพันธุกรรมตามอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวหลังหุงสุก

การกระจายตัวทางพันธุกรรมของความยาวเมล็ดข้าวกล้องในประชากรชั่วที่ 2 และ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยมีความคงที่ โดยประชากรชั่วที่ 2 เท่ากับ 7.53 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std Dev) เท่ากับ 0.46 และประชากรชั่วที่ 3 เท่ากับ 7.52 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std Dev) เท่ากับ 0.45 แสดงถึงลักษณะความยาวเมล็ดทางพันธุกรรมถูกถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ (Figs. 2A and B) ส่วนความยาวเมล็ดหลังหุงสุกในประชากรชั่วที่ 2 (N = 149) พบว่ามีความยาวเฉลี่ย 13.02 มิลลิเมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std Dev) เท่ากับ 1.13 เมื่อทำการคัดเลือกและปลูกต่อในประชากรชั่วที่ 3 (N = 123) พบว่าค่าเฉลี่ยความยาวเมล็ดลดลงเท่ากับ 12.92 มิลลิเมตร แต่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std Dev) ลดลงเหลือ 1.08 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประชากรมีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมมากขึ้น (Figs. 2C and D)

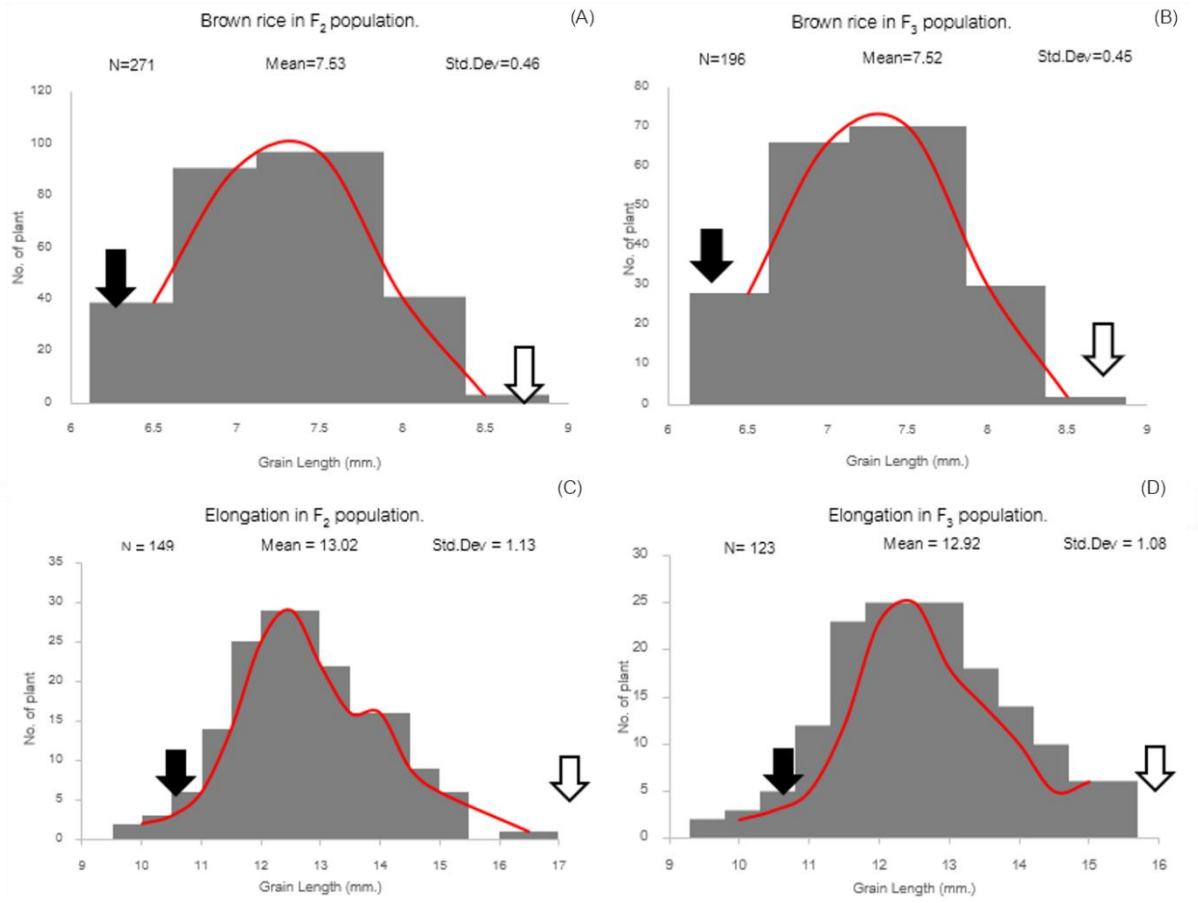


Fig. 2 The brown grain length in F_2 population (A), The brown grain length in F_3 population (B), The grain elongation in F_2 population (C) and The grain elongation in F_3 population (D) compared with Basmati 1121 (⇨) and Riceberry (➡)

เมื่อพิจารณาประชากรชั่วที่ 2 จากคู่ผสม ข้าวบาสมาติ 1121 (ข้าวอินเดีย) และ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ข้าวไทย) พบว่าความยาวของเมล็ดข้าวสารอยู่ในช่วง 6.50 ถึง 8.50 มม. ในขณะที่ความยาวของเมล็ดข้าวหลังหุงสุกอยู่ในช่วง 10.00 ถึง 16.5 มม. สอดคล้องกับการทดลองของ (Arikit et al., 2019) รายงานว่าประชากรชั่วที่ 2 จากคู่ผสม ข้าวบาสมาติ (ข้าวอินเดีย) และ ข้าวปทุมธานี 1 (ข้าวไทย) มีความยาวของเมล็ดข้าวสารอยู่ในช่วง 5.90 ถึง 8.88 มม. และความยาวของ

เมล็ดข้าวหลังหุงสุกอยู่ในช่วง 9.04 ถึง 17.00 มม. แสดงว่า ทั้งสองลักษณะเป็นลักษณะทางปริมาณและถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง (Singh et al., 2018)

การทดลองนี้ได้ใช้เกณฑ์ความยาวของเมล็ดข้าวกล้องมากกว่า 7.0 มิลลิเมตร และอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวหลังหุงสุกมากกว่า 13.0 มิลลิเมตร ในการคัดเลือกซึ่งเป็นมาตรฐานของข้าวบาสมาติ (Sharma, 2021) ในการคัดเลือกประชากรในชั่วที่ 4 สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ได้ทั้งหมด 11 สายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วยสายพันธุ์ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวจำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ BR1–2, BR1–74, RB1–5, RB1–80 และ RB1–94 โดยสายพันธุ์ BR1–2 มีความยาวเมล็ดข้าวสารมากที่สุด 8.33 มม. และสายพันธุ์ RB1–94 มีการยืดตัวหลังหุงสุกสูงสุด 15.48 มม. สายพันธุ์ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงเข้มจำนวน 6 สายพันธุ์ คือ BR1–92, BR2–48, RB1–62, RB1–89, RB1–96 และ RB2–68 โดยสายพันธุ์ RB1–89 มีความยาวเมล็ดข้าวสารมากที่สุด 8.42 มม. และสายพันธุ์ RB1–89 มีการยืดตัวหลังหุงสุกสูงสุด 15.27 มม. (Fig. 3)



Fig. 3 Appearance of paddy rice grain, brown rice grain, milled rice grain and cooked kernels of 11 selected lines compared with Basmati 1121 and Riceberry.

สรุป

การถ่ายทอดลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ดในประชากรชั่วที่ 2 มีการกระจายตัวตามอัตราส่วน 9:3:4 (ม่วงเข้ม:แดง:ขาว) ซึ่งบ่งชี้ว่าถูกควบคุมโดยยีน 2 คู่ที่มีปฏิกิริยาแบบ Recessive Epistasis ในขณะที่ ความยาวเมล็ดข้าวกล้องและการยืดตัวหลังหุงสุกเป็นลักษณะทางปริมาณถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง และจากการคัดเลือกในประชากรชั่วที่ 4 โดยใช้เกณฑ์ความยาวเมล็ดข้าวกล้องและการยืดตัวของเมล็ดข้าวหุงสุก สามารถคัดเลือกได้ทั้งหมด 11 สายพันธุ์ แบ่งเป็นสายพันธุ์เยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว 5 สายพันธุ์ และสายพันธุ์เยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ 6 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ดังกล่าวจะได้นำไปทดสอบผลผลิตเบื้องต้นในชั่วที่ 5 ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2567. รายงานสถานการณ์ด้านข้าวรายสัปดาห์ ณ วันที่ 16 กันยายน 2567. https://files.ricethailand.go.th/files/2/documents/page_doc/files-rice-1726629112274.pdf, 16 กันยายน 2568.

งามชื่น คงเสรี. 2536. คุณภาพเมล็ดทางเคมี. ใน: เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง.พัทลุง. หน้า 54–70.

ชเนษฎ์ ม้าลำพอง. 2562. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัยวัฒน์ เสาวเจริญสุข. 2567. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม 2566–2568: อุตสาหกรรมข้าว. https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/rice/io/io-rice-2023-2025, 17 มกราคม 2568.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. 2568. ดัชนีราคาส่งออก และดัชนีราคานำเข้าของไทย เดือนมกราคม 2568 ปรับตัวสูงขึ้น ตามความต้องการของประเทศคู่ค้าที่ฟื้นตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไป. https://www.tpso.go.th/news/2502-0000000039, 16 กันยายน 2568.

อภิชาติ วรรณจิตร, พรรัตน์ สินชัยพานิช, สุกัญญา วงศ์พรชัย, รัชนี คงคาฉุยฉาย, ประไพศรี ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์ และวิจิตราเลิศกมลกาญจน์. 2551. น. 59–126. ในรายงานการวิจัยโครงการเทคโนโลยีชีวภาพในการสร้างพันธุ์ข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณค่าสูง ปีงบประมาณ 2548 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

อุทุมพร ไทรชมภู . 2564. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเมล็ดสั้นจากการผสมระหว่างข้าวจาปอนิกา กับ อินดิกา โดยการคัดเลือกแบบจดประวัติและผสมกลับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Arikit, S., Wanchana, S., Khanthong, S., Saensuk, C., Thaithavon, T., Vanavichit, A., Toojinda, A. 2019. QTL-seq identifies cooked grain elongation QTLs near soluble starch synthase and starch branching enzymes in rice (Oryza sativa L.). Sci. Rep. 9: 8832. doi.org/10.1038/s41598-019-38832-8

Juliano, B.O. 1985. Criteria and test for rice grain quality. In: Rice chemistry and technology. Am. Assoc. Cereal Chem. 443–513.

Kyung, E.L., Rahman, M.N., Kim, J.B., Kang, S.G. 2018. Genetic analysis of complementary gene interaction of Pb and Pp genes for the purple pericarp trait in rice. Life Sci. 44: 398–407.

Sharma, A., Jaiswal, H.K. 2021. A study of gene action for yield and quality traits of Basmati rice (Oryza sativa L.) following Hayman's graphical approach. Res. Crop. 22: 88–114.

Siddiq, E.A., Vemireddy, L.R., Nagaraju, J. 2012. Basmati rices: Genetics, breeding and trade. Agric. Res. 1: 255–266.

Singh, V., Singh, A.K., Mohapatra, T., Krishnan, G., Ellur, R.K. 2018. Pusa Basmati 1121 – a rice variety with exceptional kernel elongation and volume expansion after cooking. Rice 11: 19. doi.org/10.1186/s12284-018-0199-0

Xia, D., Zhou, H., Wang, Y., Li, P., Fu, P., Wu, B., He, Y. 2021. How rice organs are colored: The genetic basis of anthocyanin biosynthesis in rice. Crop J. 9: 598–608. doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.008

ผลของปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์และการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน

Effect of nitrogen release fertilizer on nitrogen release and growth of oil palm seedlings

ธนัชพร ศรีขวัญ, จำเป็น อ่อนทอง, จักรกฤษณ์ พูนภักดี, ขวัญตา ขาวมี*

Thanutchaporn Srikwan, Jumpen Onthong, Chakkrit Poonpakdee, Khwunta Khawmee*

สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90160

Agricultulral Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: khwunta.k@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์และการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ 3 ซ้ำ (ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์) และ 10 ซ้ำ (ศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน) ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย (CK) ปุ๋ยยูเรีย (U) ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ (CRF) และ ปุ๋ยละลายช้า (SRF) พบว่า CRF มีการปลดปล่อย NH_4^+ และ NO_3^- ออกมาน้อยกว่า U และ SRF โดยปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในช่วงแรก U มีการปลดปล่อยออกมามากที่สุด เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นการปลดปล่อยไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ย และ CRF ทำให้การเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มสูงกว่า SRF ดังนั้นการใช้ CRF จะค่อย ๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ มีแนวโน้มช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจน ส่งผลให้กล้าปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตได้ดี เป็นทางเลือกให้เกษตรกรสามารถลดแรงงานในการใส่ปุ๋ยได้

คำสำคัญ: กล้าปาล์มน้ำมัน, ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์, ปุ๋ยไนโตรเจน, ปุ๋ยละลายช้า

Abstract

This study aimed to investigate the effect of nitrogen-release fertilizers on nitrogen release and growth of oil palm seedlings. The experiment was arranged in a completely randomized design consisting of four treatments, with three replications for the study of nitrogen release and ten replications for the study of growth of oil palm seedling. The treatments included no fertilizer (CK), urea (U), controlled-release fertilizer (CRF), and slow-release fertilizer (SRF). The results showed that CRF released lower amounts of NH_4^+ and NO_3^- than U and SRF, with nutrients being released gradually over time. In the initial period, U exhibited the highest release of plant-available nitrogen. As time progressed, nitrogen release tended to increase in all fertilized treatments. Moreover, CRF resulted in a higher growth trend of oil palm seedlings compared to SRF. Therefore, the use of CRF can gradually release plant-available nitrogen, tendency to reduce nitrogen loss, and promote better growth of oil palm seedlings, making it a viable option for farmers to reduce labor requirements for fertilizer application.

Keywords: Controlled-release fertilizer, Nitrogen fertilizer, Oil palm seedling, Slow-release fertilizer

คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ มีพื้นที่ปลูกรวมทั้งหมด 6,419,764 ไร่ ให้ผลผลิตต่อไร่ 3,030 กิโลกรัม ราคาปาล์มน้ำมันย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2556–2566 พบว่า ราคามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Office of Agricultural Economics, 2024) จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ในการปลูกปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้มีความต้องการกล้าปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น โดยการอนุบาลกล้าปาล์มน้ำมันสามารถทำได้โดยการเพาะกล้าอนุบาลแบบครั้งเดียว และการเพาะกล้าอนุบาลแบบ 2 ครั้ง โดยการเพาะกล้าอนุบาลแบบ 2 ครั้ง จะมีการดูแลรักษาต้นกล้า 2 ระยะ คือ ระยะอนุบาลแรก เป็นการจัดการต้นกล้าตั้งแต่เริ่มเพาะจนกระทั่งปาล์มอายุ 12-14 สัปดาห์ และระยะอนุบาลหลัก เป็นการย้ายต้นกล้าจากระยะอนุบาลแรกที่มีอายุ 12–14 สัปดาห์ ลงปลูกในถุงขนาดใหญ่ (Juntaraniyom, 2019)

ปุ๋ยที่นิยมใส่ในกล้าปาล์มน้ำมันจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำง่าย โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้เมื่อใส่ลงไปในดินที่มีความชื้นปุ๋ยจะละลายอย่างรวดเร็ว และในดินเนื้อหยาบปุ๋ยอาจถูกชะละลายออกไปก่อนที่พืชจะดูดไปใช้ ดังนั้นจึงมีคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยทุก 2 สัปดาห์ (Suratthani Oil Palm Research Center, 2020) เนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยที่ช่วยในการเร่งการเจริญเติบโตของพืชอย่างรวดเร็ว และยังเป็นปุ๋ยที่ถูกชะละลายหรือสูญเสียได้ง่าย ทำให้เกษตรกรต้องใส่ปุ๋ยบ่อยขึ้น มีผลการทดลองใช้ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ในมันฝรั่ง พบว่า ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์สามารถลดการสูญเสียไนโตรเจนจากการถูกชะละลาย และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน โดยพบว่า การใช้ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยทำให้มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยอยู่ที่ 50% สูงกว่ายูเรีย (43%) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มผลผลิตมันฝรั่งที่ปลูกในดินทรายได้ดีกว่าปุ๋ยยูเรียอีกด้วย (Zvomuya et al., 2003) ปัจจุบันมีการผลิตปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ (controlled release fertilizer; CRF) ซึ่งเป็นปุ๋ยที่มีการผลิตให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารในระยะเวลาที่ต้องการได้ โดยทราบแน่ชัดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่ออัตราและช่วงเวลาที่ปุ๋ยนั้นจะปลดปล่อยธาตุอาหาร (Osotsapa et al., 2008) และปุ๋ยละลายช้า (slow release fertilizer; SRF) เป็นปุ๋ยที่มีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาช้ากว่าปุ๋ยเคมีทั่วไป แต่ไม่สามารถควบคุมอัตราและช่วงเวลาในการปลดปล่อยธาตุอาหารได้ อัตราการปลดปล่อยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เช่น ความชื้นของดิน กิจกรรมจุลินทรีย์ดิน เป็นต้น (Osotsapa et al., 2008) ได้มีการทดลองใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์และปุ๋ยเคมีทั่วไปในการปลูกข้าวโพดและข้าวโอ๊ต พบว่า ทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวโพดเพิ่มขึ้น (Margarida et al., 2023) สอดคล้องกับการทดลองของ Lee and Ku (2025) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนและลดการสูญเสียธาตุอาหารในข้าวโพดโดยใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ พบว่า การใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ส่งผลให้ผลผลิตใกล้เคียงการใช้ปุ๋ยทั่วไปในปริมาณสูง นอกจากนั้นยังทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเพิ่มสูงถึง 71.2% และยังมีการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ในการปลูกข้าวสาลี ส่งผลให้ผลผลิตข้าวสาลีเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยยูเรีย (Ji et al., 2012) และนอกจากนี้การใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ยังส่งผลให้การเจริญเติบโต (Wu et al., 2021) และผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (Yang et al., 2015; Anitha and Bindu, 2016) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาอัตราการปลดปล่อยปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ที่ลดการชะละลายไนโตรเจนในเรือนเพาะกล้าไม้ พบว่า การใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ที่ลดไนโตรเจนลง 40% ทำให้ผลผลิตต้นกล้าเท่ากับการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเต็มอัตรา แต่ช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนได้ถึง 88% (Fujinuma et al., 2011) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการนำปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนมาใช้ในกล้าปาล์มน้ำมัน ดังนั้น จึงสนใจศึกษาผลของปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์และการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์

นำดินเหนียวสีแดงซึ่งเป็นดินที่นิยมใช้ปลูกกล้าปาล์มน้ำมันบ่มกับปุ๋ยไนโตรเจน โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ได้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 400 มิลลิกรัมไนโตรเจน/กิโลกรัม เท่ากันทุกทรีตเมนต์ ยกเว้นทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย โดยใส่ในรูปปุ๋ยยูเรียปริมาณ 0.87 กรัม/กิโลกรัม ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ 0.95 กรัม/กิโลกรัม และปุ๋ยละลายช้า 1.00 กรัม/กิโลกรัม โดยปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์เป็นปุ๋ยเม็ดที่เคลือบด้วยพลาสติกและปุ๋ยละลายช้าเป็นปุ๋ยเม็ดที่เคลือบด้วย

กำมะถัน บรรจุดินในกระป๋องพลาสติกทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร สูง 18 เซนติเมตร โดยใช้ดิน 2.00 กิโลกรัม บ่มดินในอุณหภูมิห้อง ควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับร้อยละ 58 ของความชื้นที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ จากนั้นเก็บตัวอย่างดินที่ผ่านการบ่มทุก 7, 14, 21, 28, 56, 84, 112 และ 140 วัน โดยเก็บจากกระป๋องเดียวกัน ครั้งละประมาณ 30.00 กรัม นำไปวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมในดิน และไนเทรตในดิน โดยวิธีกลั่น ที่สกัดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ 2 โมลาร์ อัตราส่วน ดิน : โพแทสเซียมคลอไรด์ 2 โมลาร์ 5.00 กรัม : 50.00 มิลลิลิตร เขย่าบนเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมง นำไปกรองผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 จากนั้นนำไปกลั่นหาปริมาณแอมโมเนียม และเติมเดวาร์ดาอัลลอย (Devarda's alloy) เพื่อกลั่นหาไนเทรต แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.002 โมลาร์ และทำมาตรฐานอ้างอิง (Onthong and Poonpakdee, 2020) โดยนำข้อมูลปริมาณแอมโมเนียมและไนเทรตไปคำนวณปริมาณร้อยละไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยจากปุ๋ย โดยคำนวณได้จากปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่วิเคราะห์ได้ หารด้วยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ใส่ลงไป คูณด้วย 100 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยเปรียบเทียบความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และทำการวิเคราะห์สมบัติดินก่อนทดลอง พบว่า ดินเป็นด่างปานกลาง (8.08) ค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (0.07 dS/m) อินทรียวัตถุในดินต่ำ (15.21 g/kg) ไนโตรเจนทั้งหมดต่ำมาก (0.54 g/kg) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ (8.53 mg/kg) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก (202.13 mg/kg) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง (4,183.36 mg/kg) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง (416.86 mg/kg) ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนปานกลาง (17.40 cmolc/kg) และอนุภาคดินส่วนใหญ่เป็นอนุภาคดินเหนียว (61.48%) นอกจากนั้นเป็นอนุภาคทราย 6.19% และอนุภาคทรายแป้ง 32.33%

ศึกษาผลของปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน

ทำการทดลองปลูกกล้าปาล์มน้ำมันในดินเหนียวสีแดงดังกล่าวที่ร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 2 เซนติเมตร เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน โดยจัดทรีตเมนต์เช่นเดียวกับที่ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจน ปลูกกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 4 เดือน ในกระถางทรงกลม ขนาด ปากกว้าง 30 เซนติเมตร ก้นกว้าง 20 เซนติเมตร สูง 24 เซนติเมตร โดยใช้ดิน 10 กิโลกรัม ทำ 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ใส่ปุ๋ยให้ได้ปริมาณธาตุอาหารที่เท่ากันทุกทรีตเมนต์ ยกเว้นทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย โดยจะอ้างอิงอัตรา ธาตุอาหาร และระยะเวลาในการใส่ปุ๋ยจากคำแนะนำของศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี (Suratthani Oil Palm Research Center, 2020) ให้ปุ๋ยทุก ๆ 2 สัปดาห์ จนกระทั่งอายุครบ 48 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงใส่ทุก ๆ 3 สัปดาห์ และใส่ปุ๋ยคีเซอไรต์ทุก ๆ 6–8 สัปดาห์ เพื่อให้ธาตุแมกนีเซียม และเริ่มใส่บอแรกซ์ในช่วง 24 สัปดาห์ เพื่อให้ธาตุโบรอน โดยปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนใส่ 4 สัปดาห์/ครั้ง ใส่ปุ๋ยให้ได้ปริมาณธาตุอาหารเท่ากับคำแนะนำของศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี โดยจะใส่ไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ (42–0–0) และปุ๋ยละลายช้า (40–0–0) ใส่ฟอสฟอรัสในรูปปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18–46–0) ใส่โพแทสเซียมในรูปปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0–0–60) ใส่แมกนีเซียมในรูปปุ๋ยแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO 27%) และคีเซอไรต์ (MgO 26%, S 21%) และใส่โบรอนในรูปบอแรกซ์ (B 15%) โดยกล้าปาล์มน้ำมันจะได้รับปริมาณธาตุอาหารทั้งหมด ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด 45.03 กรัม/ต้น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 46.99 กรัม/ต้น โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ 55.29 กรัม/ต้น แมกนีเซียมออกไซด์ 25.11 กรัม/ต้น และโบรอน 0.225 กรัม/ต้น ดูแลรดน้ำ และใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด บันทึกการเจริญเติบโตทุกเดือน ได้แก่ วัดความสูง (วัดจากโคนต้นถึงปลายยอดที่สูงที่สุด) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (วัดตำแหน่งสูงจากโคนต้น 5 เซนติเมตร) และนับจำนวนใบทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณแอมโมเนียมและไนเทรตที่ปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนปลดปล่อยออกมาและข้อมูลการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนใบทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติและแสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ย (Mean) และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ $p \leq 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนต่อปริมาณแอมโมเนียมและไนเทรตสะสมในดิน

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณแอมโมเนียมที่ถูกปลดปล่อยออกมามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยละลายช้ามีการปลดปล่อยแอมโมเนียมรวดเร็วในช่วงแรก (0–28 วัน) จากนั้นมีแนวโน้มการปลดปล่อยคงที่ เนื่องจากยูเรียเป็นปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ง่ายและเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียมไอออนได้อย่างรวดเร็ว (Osotsapa et al., 2008) และเมื่อเวลาผ่านไปการปลดปล่อยแอมโมเนียมค่อย ๆ ลดลง แต่การใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมแบบค่อยเป็นค่อยไปค่อนข้างคงที่เป็นระยะเวลานาน เนื่องจากกลไกการปลดปล่อยของปุ๋ยเป็นกระบวนการที่ทำให้ธาตุอาหารในปุ๋ยถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ โดยไม่ปลดปล่อยทั้งหมดในทันที ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และลดการสูญเสียธาตุอาหารไปกับการระเหิดหรือความชื้นในดิน (Fig. 1A) ทำให้ในช่วงแรกทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยยูเรียปลดปล่อยแอมโมเนียม ออกมาได้สูงกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ และเมื่อเวลาผ่านไปการปลดปล่อยแอมโมเนียมลดลง เนื่องจากแหล่งไนโตรเจนมีการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียมไปเป็นไนเทรต ในส่วนปริมาณไนเทรตในดินในช่วงแรก (0–28 วัน) ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยละลายช้ามีการปลดปล่อยไนเทรตออกมาอย่างช้า ๆ จากนั้นมีแนวโน้มการปลดปล่อยคงที่ เนื่องจากปุ๋ยยูเรียถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนียมไอออน และเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเทรตไอออนจากกระบวนการไนทริฟิเคชัน ส่วนทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ในช่วงแรกมีปริมาณไนเทรตน้อย แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณไนเทรตมีการเพิ่มขึ้น เนื่องจากปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์มีโพลิเมอร์เคลือบตัวเนื้อปุ๋ยอยู่ ทำให้ในช่วงแรกปุ๋ยละลายออกมาได้น้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไปปุ๋ยจะค่อย ๆ ละลายออกมาได้มากขึ้น (Fig. 1B) สอดคล้องกับการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยยูเรียควบคุมความเป็นประโยชน์ต่อการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมและไนเทรตและการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินอินทรีย์ พบว่า ในทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยละลายช้าให้ผลไม่แตกต่างกัน ทั้งสองทรีตเมนต์มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเทรตมากกว่าปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ โดยทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์มีปริมาณแอมโมเนียมน้อยกว่าทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย แสดงถึงการปลดปล่อยแอมโมเนียมที่ช้ากว่า โดยปริมาณแอมโมเนียมในดินที่ใช้ปุ๋ยยูเรียลดลงอย่างรวดเร็วในระยะแรกและค่อย ๆ ลดลงถึงวันที่ 28 ก่อนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้าย ส่วนปริมาณไนเทรตทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยยูเรียมีมากที่สุดเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์อื่น ๆ โดยปริมาณไนเทรตจะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง โดยปริมาณไนเทรตในทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์มีน้อย เนื่องจากปุ๋ยมีการเคลือบโพลิเมอร์ทำให้ค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ (Tong et al., 2018) เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปในดินที่มีความชื้น ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนียม และจากนั้นจะเปลี่ยนไปเป็นไนเทรต ทำให้ในดินช่วงแรกที่แอมโมเนียมปลดปล่อยออกมามากจะทำให้ไนเทรตต่ำ แต่เมื่อเวลาผ่านไปแอมโมเนียมถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเทรต ทำให้ไนเทรตในดินเพิ่มมากขึ้น โดยปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์จะมีการเคลือบเม็ดด้วยโพลิเมอร์ ทำให้ปุ๋ยสามารถควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารได้ โดยธาตุอาหารจากปุ๋ยจะไม่ละลายออกมาทีเดียว ทำให้ในดินมีปริมาณแอมโมเนียมและไนเทรตอยู่น้อยกว่าดินที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย

ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์

เมื่อนำปริมาณแอมโมเนียมและไนเทรตมารวมกัน พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยออกมาแตกต่างกัน โดยเมื่อมีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยละลายช้า ปุ๋ยจะมีการปลดปล่อยออกมามากกว่าการใส่ปุ๋ยเม็ดเคลือบพลาสติก (Fig. 1C) และเมื่อมีการปลดปล่อยออกมามากในสภาพแวดล้อมจริง จึงมีโอกาสที่ปุ๋ยจะถูกชะละลายออกไปได้ง่าย และเกิดการสูญเสียธาตุอาหารมากกว่าปุ๋ยควบคุม

ความเป็นประโยชน์ ในการใช้ปุ๋ยยูเรียจึงควรมีการใส่บ่อยครั้งกว่าปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ เพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอ โดยเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ได้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 400 มิลลิกรัมไนโตรเจน/กิโลกรัม ในช่วงระยะเวลา 7 วันแรก ทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยยูเรียมีการปลดปล่อยออกมามากที่สุด รองลงมาคือ ปุ๋ยละลายช้า และปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ (34.24, 26.25 และ 5.83% ตามลำดับ) เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Fig. 1D) ปุ๋ยไนโตรเจนที่นำมาใช้มีการเคลือบผิวที่แตกต่างกัน โดยปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ถูกเคลือบด้วยโพลิเมอร์ ส่วนปุ๋ยละลายช้าเป็นปุ๋ยไนโตรเจนที่เคลือบด้วยกำมะถันเพื่อควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารและลดการสูญเสียจากการระเหิดและการชะละลาย ทำให้ยูเรียเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียและไนเทรตช้าลง ส่งผลให้การปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเทรตแตกต่างกัน โดยระยะเวลาที่ปลดปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่เคลือบเม็ดปุ๋ย อุณหภูมิภายในดิน ความชื้นในดิน โดยทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยยูเรียในช่วงแรกจะปลดปล่อยออกมาได้มากที่สุด การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์จาก ทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย มีการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนและการเปลี่ยนไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์บนผิวหน้าดินหรือใต้ผิวดินในดินทราย พบว่า ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนอยู่ที่ 70% และ 93% ของไนโตรเจนทั้งหมดที่นำไปใช้สำหรับการใส่ปุ๋ยบนผิวหน้าดินและใต้ผิวดินตามลำดับ โดยการใส่ใต้ผิวดินอาจเกิดการสูญเสียไนโตรเจนน้อยที่สุดจากการระเหย และการใส่ใต้ผิวดินส่งผลให้แอมโมเนียมยังคงอยู่ในดินมากกว่าสามเท่า เมื่อเทียบกับการใส่บนผิวหน้าดิน (Sato and Morgan, 2008)

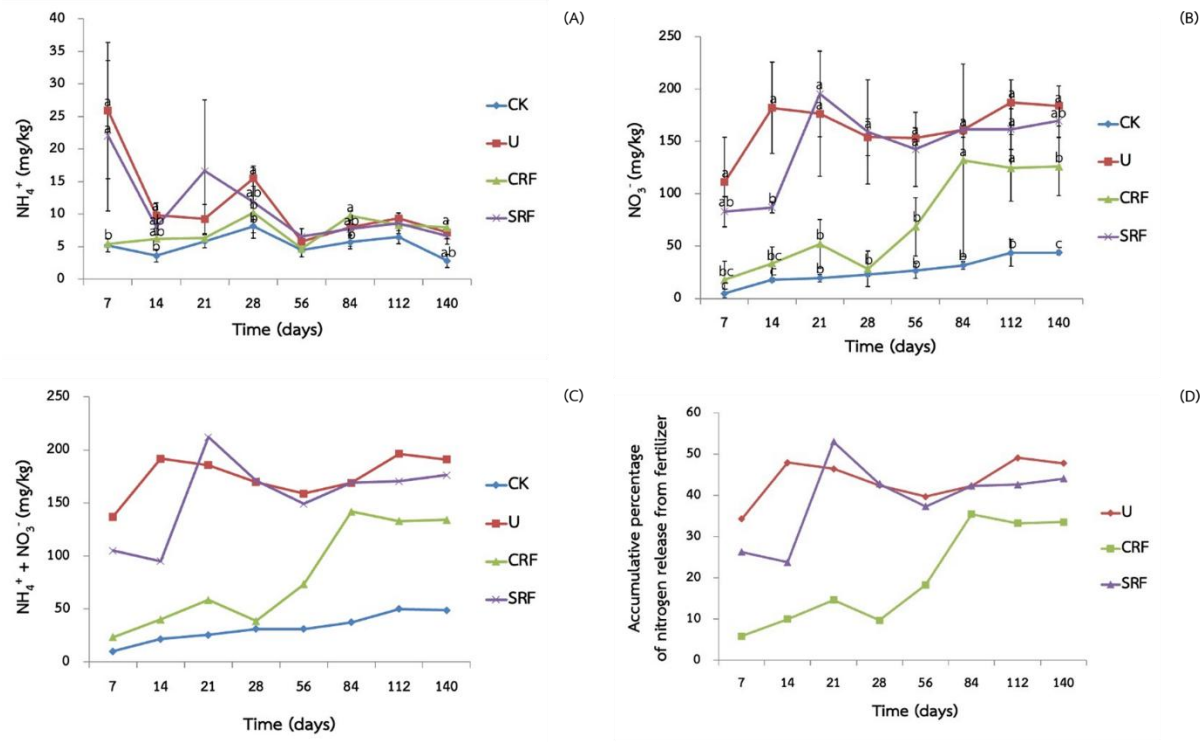


Fig. 1 Effect of nitrogen release fertilizer on nitrogen release and growth of oil palm seedlings. (A) The accumulation of ammonium in soils with N release fertilizer. (B) The accumulation of nitrate in soils with N release fertilizer. (C) The accumulation of available N (NH_4^+ + NO_3^-) in soils with N release fertilizer. (D) Accumulative percentage of nitrogen release from fertilizer in soils with N release fertilizer. CK; control (no fertilizer), U; urea, CRF; controlled-release fertilizer, SRF; slow-release fertilizer

การเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน

จากผลการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ทำให้ความสูง (Table 1) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (Table 2) และจำนวนใบ (Table 3) ที่ 32 สัปดาห์มีแนวโน้มสูงกว่า เมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยและทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยแบบอื่น ๆ (Fig. 2) สอดคล้องกับผลของปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ย โดยทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์จะค่อย ๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา (Fig. 1C) ทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารน้อยลง พืชดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น ทำให้พืชเจริญเติบโตดีขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยยูเรียแบบควบคุมความเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของฝ้าย พบว่า ทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยยูเรียแบบควบคุมความเป็นประโยชน์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของฝ้าย (Wang et al., 2013) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยไนโตรเจนแบบควบคุมความเป็นประโยชน์และความต้องการไนโตรเจนของฝ้าย พบว่า อัตราการปลดปล่อยของปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์มีการปลดปล่อยไนโตรเจนเหมาะสมที่สุด เนื่องจากน้ำหนักของสมอฝ้ายในทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์มากกว่าทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย (Geng et al., 2015) และการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ที่เคลือบด้วยสารยับยั้งการเกิดไนเทรตในข้าวทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น (Mi et al., 2017) และในการทดลองทรีตเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ที่เคลือบด้วยเทอร์โมพลาสติกจะให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย และการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์อัตรา 200 กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์ ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นมากที่สุด (Ji et al., 2012) นอกจากนั้นการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ที่เคลือบด้วยโพลิเมอร์ทำให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียฟลอร์มาลดีไฮด์ (Wu et al., 2021) แต่การใช้ยูเรียฟลอร์มาลดีไฮด์ยังทำให้ผลผลิตข้าวมากกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียทั่วไป (Wei et al., 2018) และการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ที่มีระยะเวลาการปลดปล่อยธาตุอาหาร 3 เดือน เคลือบด้วยโพลีเอทิลีน 2.6% ร่วมกับปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ที่มีระยะเวลาการปลดปล่อยธาตุอาหาร 6 เดือน เคลือบด้วยโพลีเอทิลีน 3.5% ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นแอปเปิล และยังทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูงลำต้น และผลผลิตแอปเปิลเพิ่มขึ้นด้วย (Li et al., 2022) นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองใช้ปุ๋ยยูเรียควบคุมความเป็นประโยชน์เคลือบโพลิเมอร์ร่วมกับโพแทสเซียมคลอไรด์เพื่อลดการชะละลายไนโตรเจนและโพแทสเซียมในดินต่อการเจริญเติบโตของหญ้าไรย์อิตาลี พบว่า เมื่อใช้ปุ๋ยยูเรียควบคุมความเป็นประโยชน์ทำให้ความสูงและพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น (Geng et al., 2023) นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์ยังช่วยลดความถี่ในการใส่ปุ๋ย เนื่องจากปุ๋ยเม็ดเคลือบพลาสติกจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารตามความต้องการของพืช พืชจะได้รับธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง ทำให้ใส่เพียง 1–2 ครั้ง แทนการใส่ปุ๋ยหลายครั้งเหมือนปุ๋ยทั่วไป ซึ่งอาจจะเป็นข้อดีในการลดแรงงานการใส่ปุ๋ย แต่ได้รับธาตุอาหารเท่ากับการแบ่งใส่ปุ๋ยหลาย ๆ ครั้ง

Table 1 Shoot height of oil palm seedlings under different nitrogen-release fertilizers

Treatment	Height (cm)					
	12 weeks	16 weeks	20 weeks	24 weeks	28 weeks	32 weeks
CK	31.60±2.35	36.55±2.39^{b}	40.55±3.39^{b}	45.95±4.64^{b}	51.53±3.36^{b}	59.31±3.71^{b}
U	31.35±3.08	39.85±3.63^{ab}	47.05±5.59^{a}	57.90±6.93^{a}	68.72±6.98^{a}	94.63±7.06^{a}
CRF	31.65±2.43	42.45±2.70^{a}	47.55±4.83^{a}	64.05±6.87^{a}	69.03±7.28^{a}	103.33±7.61^{a}
SRF	31.85±3.05	40.75±5.07^{ab}	48.65±4.79^{a}	59.00±7.55^{a}	74.83±8.50^{a}	92.60±8.94^{a}
F-test	ns	**	**	**	**	**
C.V. (%)	8.54	8.91	9.92	11.84	11.06	10.29

Remark: CK; control (no fertilizer), U; urea, CRF; controlled-release fertilizer, SRF; slow-release fertilizer, ns = not significantly different, ** = significant difference at $p \leq 0.01$ levels, the same letter in the same column indicates values that are not statistically significantly different when compared by the DMRT method. Values are presented as mean±standard deviation. $n = 10$

Table 2 Stem diameter of oil palm seedlings under different nitrogen-release fertilizers

Treatment	Stem diameter (mm)					
	12 weeks	16 weeks	20 weeks	24 weeks	28 weeks	32 weeks
CK	12.04±2.30	17.71±3.24^{b}	22.08±3.55^{b}	26.89±3.17^{b}	31.39±3.12^{b}	37.13±3.66^{b}
U	11.55±2.98	18.11±1.11^{b}	24.87±3.15^{ab}	30.95±2.61^{a}	37.99±2.42^{a}	55.12±2.36^{a}
CRF	12.74±2.95	21.82±2.02^{a}	27.19±2.24^{a}	33.17±2.58^{a}	39.10±2.83^{a}	54.19±3.70^{a}
SRF	12.83±4.18	19.46±3.11^{ab}	25.53±3.44^{ab}	31.35±2.56^{a}	41.32±3.49^{a}	59.41±4.30^{a}
F-test	ns	**	**	**	**	**
C.V. (%)	25.50	13.10	12.42	9.49	10.71	9.84

Remark: CK; control (no fertilizer), U; urea, CRF; controlled-release fertilizer, SRF; slow-release fertilizer, ns = not significantly different, ** = significant difference at $p \leq 0.01$ levels, the same letter in the same column indicates values that are not statistically significantly different when compared by the DMRT method. Values are presented as mean±standard deviation. $n = 10$

Table 3 Number of leaves of oil palm seedlings under different nitrogen-release fertilizers

Treatment	Number of leaves (leaves)					
	12 weeks	16 weeks	20 weeks	24 weeks	28 weeks	32 weeks
CK	6.40±0.52	7.90±0.74	9.20±0.79^{b}	10.40±0.63^{b}	11.10±0.82^{b}	11.50±0.82^{b}
U	6.30±0.50	8.30±1.33	10.50±0.88^{a}	11.90±0.71^{a}	12.50±0.67^{a}	12.63±0.78^{ab}
CRF	6.50±0.53	9.00±1.25	10.70±0.70^{a}	11.70±1.26^{a}	12.60±1.17^{a}	14.67±1.17^{a}
SRF	6.80±0.63	8.60±1.26	10.10±0.99^{ab}	11.50±1.10^{ab}	12.60±1.14^{a}	14.40±1.58^{a}
F-test	ns	ns	**	*	*	**
C.V. (%)	8.34	13.86	8.88	12.07	11.45	12.19

Remark: CK; control (no fertilizer), U; urea, CRF; controlled-release fertilizer, SRF; slow-release fertilizer, ns = not significantly different, * = significant difference at $p \leq 0.05$ levels, ** = significant difference at $p \leq 0.01$ levels, the same letter in the same column indicates values that are not statistically significantly different when compared by the DMRT method. Values are presented as mean±standard deviation. $n = 10$

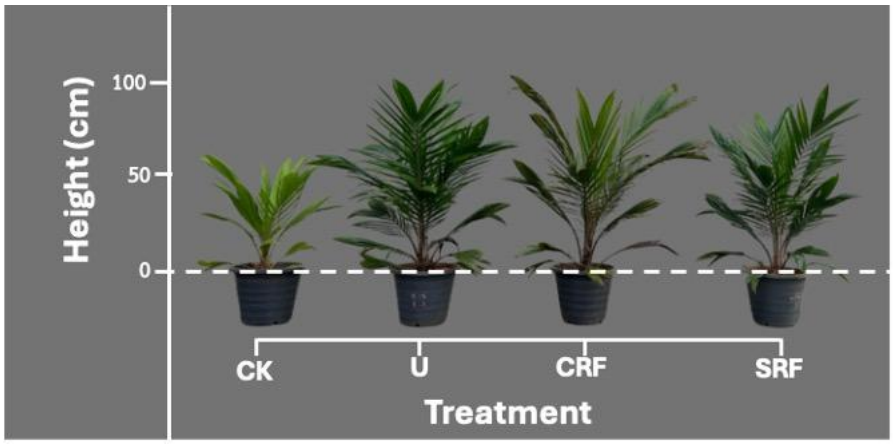


Fig. 2 The effect of nitrogen release fertilizer on growth of oil palm seedlings. CK; control (no fertilizer), U; urea, CRF; controlled-release fertilizer, SRF; slow-release fertilizer

สรุป

การศึกษาปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์และการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน พบว่า ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ออกมาอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง ช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหาร ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มดีกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยละลายช้า ดังนั้น ปุ๋ยเคมีปลดปล่อยไนโตรเจนแบบเม็ดเคลือบพลาสติกจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลกล้าปาล์มน้ำมันที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ลดจำนวนครั้งในการใส่ปุ๋ย ส่งผลต่อการลดต้นทุนแรงงานได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำด้านเทคนิคทางห้องปฏิบัติการตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Anitha, K., Bindu, G. 2016. Effect of controlled-release nitrogen fertilizer on methane emission from paddy field soil. Procedia Technol. 24: 196–202. doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.026

Fujinuma, R., Balster, N.J., Lee, H.K. 2011. Reduced rates of controlled-release fertilizer lower potential nitrogen leaching from a Wisconsin bare-root tree nursery. In: Proc. 17th Cent. Hardwood For. Conf. 347–357. USDA For. Serv. North. Res. Stn.

Geng, J., Ma, Q., Zhang, M., Li, C., Liu, Z., Lyu, X. 2015. Synchronized relationships between nitrogen release of controlled-release nitrogen fertilizers and nitrogen requirements of cotton. Field Crops Res. 184: 9–16. doi.org/10.1016/j.fcr.2015.09.005

Geng, J., Yang, X., Lei, S., Zhang, Q., Li, H., Lang, Y., Huo, X., Liu, Q. 2023. Combining controlled-release urea with potassium chloride to reduce soil N/K leaching and promote growth of Italian ryegrass. Sci. Rep. 13: 326. doi.org/10.1038/s41598-023-00326-x

Ji, Y., Liu, G., Ma, J., Xu, H., Yagi, K. 2012. Effect of controlled-release fertilizer on nitrous oxide emission from a winter wheat field. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 94: 111–122. doi.org/10.1007/s10705-012-9520-0

Juntaraniyom, T. 2019. Farmer's guide efficient production of oil palm. Hatyai Digital Print. Thailand. (in Thai)

Lee, J.H., Ku, H.H. 2025. Optimizing nitrogen use efficiency and reducing nutrient losses in maize using controlled-release coated fertilizers. Agrochemicals 4: 10. doi.org/10.3390/agrochemicals4010010

Li, J., Liu, Y., Tang, Y., Shao, J., Xu, T., Ma, R., Jiang, Y., Cheng, D. 2022. Optimizing fertilizer management based on controlled-release fertilizer to improve yield, quality and reduce fertilizer application on apples. J. Soil Sci. Plant Nutr. 22: 393–405. doi.org/10.1007/s42729-021-00633-9

Margarida, A., José Carlos, C., Letícia, D., et al. 2023. Controlled-release and stabilized fertilizers are equivalent options to split application of ammonium nitrate in a double maize-oats cropping system. J. Plant Nutr. 46: 996–1008. doi.org/10.1080/01904167.2022.2150863

Mi, W., Zheng, S., Yang, X., Wu, L., Liu, Y., Chen, J. 2017. Comparison of yield and nitrogen use efficiency of different types of nitrogen fertilizers for different rice cropping systems under subtropical monsoon climate in China. Eur. J. Agron. 90: 78–86. doi.org/10.1016/j.eja.2017.07.003

Office of Agricultural Economics. 2024. Agricultural production data. OAE. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Onthong, J., Poonpakdee, C. 2020. Soil and plant analysis guide. Fac. Nat. Resour. Prince of Songkla University, Thailand. (in Thai)

Osotsapa, Y., Wongmaneeroj, A., Hongprayoon, C. 2008. Fertilizer for sustainable agriculture. Kasetsart University. Thailand. (in Thai)

Sato, S., Morgan, K.T. 2008. Nitrogen recovery and transformation from a surface or subsurface application of controlled-release fertilizer on a sandy soil. J. Plant Nutr. 31: 2214–2231. doi.org/10.1080/01904160802402968

Suratthani Oil Palm Research Center. 2020. Oil palm innovation. Department of Agriculture. Thailand. (in Thai)

Tong, X., He, X., Duan, H., Han, L., Huang, G. 2018. Evaluation of controlled release urea on the dynamics of nitrate, ammonium, and its nitrogen release in black soils of northeast China. Int. J. Environ. Res. Public Health 15: 1–13. doi.org/10.3390/ijerph15010013

Wang, S., Li, X., Lu, J., et al. 2013. Effects of controlled-release urea application on the growth, yield and nitrogen recovery efficiency of cotton. Agric. Sci. 4: 33–38. doi.org/10.4236/as.2013.412A005

Wei, H., Chen, Z., Xing, Z., et al. 2018. Effects of slow or controlled release fertilizer types and fertilization modes on yield and quality of rice. J. Integr. Agric. 17: 2222–2234. doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62029-9

Wu, Q., Wang, Y., Ding, Y., et al. 2021. Effects of different types of slow- and controlled-release fertilizers on rice yield. J. Integr. Agric. 20: 1503–1514. doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63411-0

Yang, S., Peng, S., Xu, J., He, Y., Wang, Y. 2015. Effects of water saving irrigation and controlled release nitrogen fertilizer managements on nitrogen losses from paddy fields. Paddy Water Environ. 13: 71–80. doi.org/10.1007/s10333-013-0409-9

Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P., Gupta, S.C. 2003. Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. Ground Water Monit. Remediat. 23: 480–489. doi.org/10.1111/j.1745-6592.2003.tb00696.x

ผลของการฉีดพ่นสังกะสีทางใบร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus australimaris* KU32 ต่อการเจริญเติบโตระยะย่างปล้องของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Effect of zinc foliar application in combination with *Bacillus australimaris* KU32 on the stalk elongation growth stage of sugarcane variety khon kaen 3 planted in calcareous soil

จิรัญลักษณ์ เจริญเศรษฐกุล, อัญธิชา พรมเมืองคุก*, ศุภชัย อำคา, กนกกร สินมา, นงภัทร ไชยชนะ

Jiranlak Jaraunsettagul, Aunthicha Phommuangkhuk*, Suphachai Amkha, Kanokkorn Sinma, Nongpat Chaichana

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agricultural at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

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

บทคัดย่อ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจไทยที่ใช้ธาตุอาหารในปริมาณสูง แต่การเจริญเติบโตถูกจำกัดในดินเนื้อปูน เนื่องจากความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความเป็นประโยชน์ของสังกะสีที่มีความสำคัญต่ออ้อยอย่างมาก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉีดพ่นสังกะสีทางใบร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus australimaris* KU32 ต่อการเจริญเติบโตระยะย่างปล้องของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในดินเนื้อปูน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ 6 ตำรับการทดลอง ได้แก่ T1 (ไม่ใส่เชื้อแบคทีเรีย), T2 (ใส่เชื้อแบคทีเรีย), T3 และ T4 ฉีดพ่น Zn 1% และ Zn 2% + ใส่เชื้อแบคทีเรีย, T5 และ T6 ฉีดพ่น Zn 1% และ Zn 2% ตามลำดับ ใส่เชื้อพร้อมการปลูก ฉีดพ่นสังกะสีที่อ้อยอายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก แปลงทดลองอยู่ที่ จ.สุพรรณบุรี เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบทุก 2 เดือนจนถึงเดือนที่ 6 ผลการทดลอง พบว่า การใส่เชื้อแบคทีเรียเพียงอย่างเดียว และการใช้เชื้อแบคทีเรียร่วมกับการฉีดพ่น Zn ส่งผลทางบวกต่อการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารในใบที่ระยะต่าง ๆ เมื่อมีการปลูกอ้อยในดินเนื้อปูน

คำสำคัญ: ดินเนื้อปูน, สังกะสี, อ้อย, *Bacillus australimaris* KU32

Abstract

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is an economically viable crop in Thailand that requires high amounts of nutrients. However, sugarcane growth is limited in calcareous soils due to low nutrient availability, especially zinc, which is crucial for sugarcane. This study evaluated the effects of foliar zinc (Zn) application and *Bacillus australimaris* KU32 on internode elongation of sugarcane cv. Khon Kaen 3 grown in calcareous soil. The experiment was arranged in a randomized complete block design with six treatments and three replications: T1 (no Zn and no bacterial inoculation), T2 (bacterial inoculation), T3 (1% Zn + bacterial inoculation), T4 (2% Zn + bacterial inoculation), T5 (1% Zn), and T6 (2% Zn). Bacterial inoculation was applied at planting, and Zn was foliar-sprayed at 2 and 4 months after planting. Growth parameters and leaf nutrient contents were recorded every two months until 6 months after planting. The findings indicated that sugarcane cultivated in calcareous soils had a positive effect on the growth and nutrient accumulation in leaves at various stages of sugarcane growth in calcareous soil when bacteria were applied alone and in combination with Zn spraying.

Keywords: *Bacillus australimaris* KU32, Calcareous soil, Sugarcane, Zinc

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งในปัจจุบัน ประเทศไทยนั้นมีการตลาดส่งออกมากถึง 70–75% ของน้ำตาลทั่วโลก และเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ เป็นอันดับสองของโลกรองจากบราซิล อีกทั้งมีการปลูกอ้อยครอบคลุมประมาณ 8% ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด (USDA, 2024) โดยประเทศไทยนิยมใช้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 พัฒนาจากคู่ผสมของอ้อยโคลน 85–2–352 กับพันธุ์เค 84–200 ของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีดินค่อนข้างเสื่อมโทรมและขาดแคลนน้ำในบางฤดู จากรายงานงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์อู่ทอง อีกทั้งแตกกอได้ดี สามารถแข่งขันกับวัชพืชได้จึงช่วยลดต้นทุนในการกำจัดวัชพืช ต้านทานต่อโรคแส้ดำและเหี่ยวเน่าแดงอีกด้วย (วีระพล, 2554) อย่างไรก็ตาม ดินด่างประเภทที่มีหินปูน (limestone; $CaCO_3$) เป็นวัตถุต้นกำเนิด และมีปูนในรูปของแร่แคลไซต์สะสมอยู่ปริมาณมาก ทำให้ฟอสฟอรัสเกิดการตรึงและตกตะกอนในรูปแคลเซียมฟอสเฟต พืชจึงดูดใช้ได้อย่างจำกัด หากดินมีค่าพีเอชสูงกว่า 7.3 จะส่งผลให้จุลธาตุมีความเป็นประโยชน์ต่ำ เนื่องจากเปลี่ยนไปอยู่ในรูปออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ (Thapa et al., 2021; Choudhury et al., 2021; Martínez-Rios et al., 2024; Matos et al., 2024; El-Damarawy et al., 2025) ส่งผลให้พืชเผชิญกับปัญหาสำคัญ ได้แก่ การขาดธาตุอาหารจุลธาตุ ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโต เช่น การชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นลีบ แคระแกร็น และผลผลิตลดลง ธาตุสังกะสี (Zn) เป็นธาตุอาหารพืชที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก การยืดและการแบ่งตัวของเซลล์ การเจริญของปลายยอด การแตกกอ และการสร้างเอนไซม์ (Mellis et al., 2024) จึงมีความสำคัญต่ออ้อยอย่างมาก

การใช้จุลินทรีย์ที่มีสมบัติช่วยปรุงปรับสภาพดินและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหรือเป็นที่รู้จักในชื่อ Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะยิ่งในแบคทีเรีย *Bacillus* spp. เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร เช่น ความสามารถในการละลายธาตุอาหารในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมได้ การผลิตสารกระตุ้น-ส่งเสริมการเจริญเติบโต และการต้านทานจุลินทรีย์ก่อโรคในดิน นอกจากนี้แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ (Gohil et al., 2022) แบคทีเรีย *Bacillus australimaris* เป็นหนึ่งในสายพันธุ์ที่มีการค้นพบ โดยแบคทีเรียชนิดนี้มีศักยภาพช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยในดินด่างประเภทที่มีหินปูนเป็นวัตถุต้นกำเนิด เพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยการสร้างฮอร์โมนพืช ควบคุมและยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืช ปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น

การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการประเมินอิทธิพลของการใช้จุลธาตุสังกะสีร่วมกับเชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 ต่อการเจริญเติบโตระยะย่างปล้องของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในดินเนื้อปูน โดยกำหนดอัตราการฉีดพ่นปุ๋ยจุลธาตุสังกะสีทางใบร่วมกับการใช้จุลินทรีย์ เพื่อหาแนวทางการจัดการที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มผลผลิตอ้อยในพื้นที่ดินเนื้อปูน ผลจากการวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้ในการจัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและสนับสนุนการทำเกษตรกรรมอย่างยั่งยืนในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design; RCBD)b ประกอบด้วย 6 ตำรับการทดลอง ได้แก่ ตำรับที่ 1 (T1) Control 1 (ไม่ใส่เชื้อแบคทีเรีย), ตำรับที่ 2 (T2) Control 2 (ใส่เชื้อแบคทีเรีย), ตำรับที่ 3 (T3) ฉีดพ่น Zn 1% + ใส่เชื้อแบคทีเรีย, ตำรับที่ 4 (T4) ฉีดพ่น Zn 2% + ใส่เชื้อแบคทีเรีย, ตำรับที่ 5 (T5) ฉีดพ่น Zn 1% และตำรับที่ 6 (T6) ฉีดพ่น Zn 2% ดำเนินการทดลองภาคสนาม ณ พื้นที่แปลงปลูกอ้อยของบริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด ตำบลหนองมะค่าโมง อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นดินเนื้อปูน จัดเป็นดินคล้ายชุดดินเขาพลองที่มีความอิ่มตัวเบสสูงและเป็นดินเนื้อปูน (Khao Phlong soil series: Kpg-hb,cal) จัดอยู่ในระบบการจำแนกดิน

ของ USDA ว่าเป็นดินชนิด Coarse-loamy, siliceous, semiactive, isohyperthermic Typic (Kandic) Paleustults (กรมพัฒนาที่ดิน, มปป.) ก่อนการทดลองจะเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มกระจายทั่วทั้งแปลง (composite samples) เพื่อนำไปวิเคราะห์สถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินและสมบัติดินพื้นฐานก่อนการทดลอง โดยดินมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วน (loam) ประกอบด้วยทรายร้อยละ 49.36 ทรายแป้งร้อยละ 31.98 และดินเหนียวร้อยละ 18.65 มีค่าพีเอช 7.31 ค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลาง ทั้งนี้ ค่าพีเอชของดินเดิมที่เก็บก่อนหน้านี้ มีความเป็นด่างปานกลาง ซึ่งการลดลงของค่าพีเอช เป็นผลมาจากการจัดการและระดับความชื้นดินที่เพิ่มขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยวและเตรียมแปลงก่อนเริ่มการทดลอง ค่าสภาพนำไฟฟ้า (EC_e) เท่ากับ 0.52 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร จัดว่าไม่เค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่า 12.90 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ในด้านธาตุอาหาร ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับสูงมาก (186.83 และ 144.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง (1,847.82 และ 258.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) สำหรับจุลธาตุ พบว่า ดินมีปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงมาก ส่วนทองแดงอยู่ในระดับสูง และสังกะสีอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่า 79.00, 56.46, 1.55 และ 1.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นำผลวิเคราะห์ดินมาใช้ประกอบการกำหนดอัตราปุ๋ยจุลธาตุสังกะสีที่จะใช้ในการทดลอง โดยอ้างอิงตามคำแนะนำของ Calcino et al. (2018) ขณะเดียวกันอัตราและปริมาณของธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จะใช้ตามคำแนะนำการใส่ปุ๋ยของโรงงานน้ำตาลมิตรผล ด่านช้าง โดยที่ทุกแปลงทดลองจะได้รับปุ๋ยธาตุหลักเท่ากัน คือ ใส่ปุ๋ยรองพื้น สูตร 16–20–0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยแต่งหน้า สูตร 21–7–18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เทียบเท่ากับอัตราของ N-P_2O_5-K_2O คือ 18.5–3.5–9 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการเขตกรรมและการจัดการอื่น ๆ ปฏิบัติเหมือนกันยกเว้นเพียงปัจจัยที่ศึกษาซึ่งจะได้รับแตกต่างกัน

แปลงทดลองประกอบด้วยแปลงย่อยจำนวน 18 แปลง แต่ละแปลงมีขนาด 7.5 × 10 เมตร แปลงย่อยมี 5 ร่อง ๆ ละ 2 แถว (แถวคู่) รวมเป็น 10 แถว พื้นที่ทดลองทั้งสิ้นประมาณ 1,350 ตารางเมตร

จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้มีการเก็บเชื้อตัวอย่างดินบริเวณรอบรากอ้อย ในพื้นที่ดินเค็มและมีปฏิกิริยาดินเป็นด่างไว้ นำมาทดสอบความทนด่างที่ pH 7–10 พบว่า ไอโซเลท ที่ 32 สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่เป็นด่างสูงถึง pH 10 ได้ เมื่อจำแนกเชื้อ จึงทราบว่าเป็น แบคทีเรีย *Bacillus australimaris* และใส่ KU32 ตามลำดับของไอโซเลท สำหรับการใช้เชื้อแบคทีเรียรากพืชชนิดทนเค็ม *Bacillus australimaris* KU32 นั้น จะดำเนินการราดบนท่อนพันธุ์อ้อยก่อนลงปลูกโดยใช้รถปลูกอ้อยของโรงงาน ด้วยความเข้มข้นค่า OD600 เท่ากับ 1 ซึ่งเทียบเท่ากับความหนาแน่นของเซลล์ประมาณ 1×10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบซึ่งใช้เกลือในรูปซัลเฟต ดังนั้นจึงมีธาตุกำมะถันติดมาด้วย ทำการฉีดพ่นสังกะสีทางใบตามตำรับทดลองที่กำหนดไว้ เมื่ออ้อยมีอายุ 2 และ 4 เดือน หรือเทียบเท่ากับ 60 และ 120 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อ้อยเริ่มเจริญเติบโตทางลำต้นและมีความต้องการธาตุอาหารเพื่อเสริมการพัฒนาโครงสร้างพืช ส่วนการจัดการทั่วไปในแปลงทดลอง เช่น การให้น้ำ ฉีดพ่นยาป้องกันและกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งดำเนินการเขตกรรมทำตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรในพื้นที่

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 2, 4 และ 6 เดือนหลังปลูก โดยสุ่มเลือกอ้อย 12 ต้นจากแต่ละแปลงย่อย กำหนดให้ร่องที่ 1 และ 5 ทำหน้าที่เป็นแนวป้องกัน (guard row) เพื่อควบคุมผลกระทบจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ ส่วนร่องที่ 2, 3 และ 4 ใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ความสูงจากพื้นดินถึงจุดคอใบ (visible dew lap) จำนวนลำต่อกอ และประเมินค่าความเขียวใบโดย SPAD meter ซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดสุขภาพของพืชในแต่ละช่วงเวลา เก็บตัวอย่างใบอ้อย เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก รอง และสังกะสีในใบอ้อย (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) การเก็บข้อมูลที่อายุ 2 เดือนนั้นจะกระทำก่อนการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีซึ่งกำหนดไว้ที่ 2 และ 4 เดือน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในดินเนื้อปูนภายใต้การให้จุลธาตุสังกะสีและเชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตตอบสนองแตกต่างกันไปตามชุด

การทดลอง โดยตัวแปรบางลักษณะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่บางลักษณะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มที่สะท้อนการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยการจัดการที่แตกต่างกัน ดังนี้

การเจริญเติบโตของอ้อย

ความสูง

การใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี ไม่มีผลทำให้ความสูงอ้อยที่อายุ 2 เดือน แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 25–29 เซนติเมตร เมื่ออ้อยมีอายุ 4 เดือน ความสูงอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยตำรับควบคุมที่มีการใส่เชื้อแบคทีเรีย (T2) ให้ความสูงอ้อยมากที่สุด คือ 112 เซนติเมตร ขณะที่ตำรับที่ฉีดพ่นสังกะสีเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 1% (T5) ให้ความสูงอ้อยต่ำที่สุด คือ 79 เซนติเมตร สอดคล้องกับความสูงอ้อยที่อายุ 6 เดือน ซึ่งพบความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างตำรับทดลอง โดยตำรับที่มีการใส่เชื้อแบคทีเรีย (T2) มีความสูงอ้อยสูงสุด คือ 224 เซนติเมตร ส่วนการฉีดพ่นสังกะสีเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 1% (T5) ให้ความสูงอ้อยต่ำที่สุด คือ 155 เซนติเมตร อ้อยมีความสูงเพิ่มขึ้นตามอายุที่เก็บข้อมูล (Table 1)

Table 1 Sugarcane growth parameters (plant height, number of stalks per clump, and SPAD value) as affected by *Bacillus australimaris* KU32 and zinc application at 2, 4 and 6 months of age

Treatment	Heigh(cm)t at			SPAD reading at			Stalk no./plant at		
	2 M	4 M	6 M	2 M	4 M	6 M	2 M	4 M	6 M
T1: Control 1	27	99^{ab}	206^{ab}	46.19^{a}	45.11	43.70	3.42	4.10	4.30^{b}
T2: Control 2 + inoculated$^{1/}$	27	112^{a}	224^{a}	47.08^{a}	43.80	46.11	3.21	3.30	4.43^{b}
T3: Zn 1% + inoculated$^{1/}$	29	104^{a}	197^{ab}	45.22^{ab}	43.14	44.40	3.16	2.80	4.20^{b}
T4: Zn 2% + inoculated$^{1/}$	26	101^{a}	196^{ab}	44.61^{ab}	45.89	45.11	2.50	3.00	4.37^{b}
T5: Zn 1%	29	79^{c}	155^{c}	40.53^{b}	43.19	44.49	2.74	2.60	4.83^{ab}
T6: Zn 2%	25	87^{bc}	185^{bc}	43.23^{ab}	42.84	43.65	3.64	4.10	5.60^{a}
F-test	ns	**	*	*	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	12.33	13.83	14.15	6.72	5.73	3.63	28.45	25.72	14.05

$^{1/}$Inoculation refers to the application of *Bacillus australimaris* KU32

$^{2/}$Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the 95% confidence level according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

** indicates a highly significant difference ($p < 0.01$)

* Indicates a significant difference ($p < 0.05$)

ns indicates no significant difference

ค่าความเขียวใบอ้อย

การใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี มีผลทำให้ค่าความเขียวใบอ้อยที่อายุ 2 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตำรับที่มีการใส่เชื้อแบคทีเรีย (T2) ให้ค่าความเขียวใบสูงสุด คือ 47.08 รองลงมา คือ ตำรับที่ไม่ใส่เชื้อแบคทีเรียและไม่ฉีดพ่นสังกะสี (T1) ซึ่งให้ค่าความเขียวใบเท่ากับ 46.19 ส่วนตำรับที่

ฉีดพ่นสังกะสีเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 1% (T5) ให้ค่าความเขียวต่ำที่สุด คือ 40.53 ซึ่งแตกต่างจากตำรับที่มีการใส่เชื้อแบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับค่าความเขียวใบอ้อยที่อายุ 4 และ 6 เดือน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง โดยมีค่าความเขียวใบอยู่ในพิสัย 42.84–45.89 และ 43.65–46.11 ตามลำดับ (Table 1)

จำนวนลำต่อกอ

ผลของการใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีที่ระดับต่าง ๆ ทำให้จำนวนลำต่อกอที่อายุ 6 เดือนมีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตำรับที่ฉีดพ่นสังกะสีเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 2% (T6) ให้จำนวนลำต่อกอสูงสุด คือ 5.60 ลำต่อกอ ขณะที่ตำรับที่ใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับการฉีดพ่นสังกะสี 1% ให้จำนวนลำต่อกอน้อยที่สุด คือ 4.20 ลำต่อกอ สำหรับที่อายุ 2 และ 4 เดือน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง โดยมีจำนวนลำต่อกออยู่ในช่วง 2.50–3.64 และ 2.60–4.10 ลำต่อกอ ตามลำดับ ซึ่งในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต อ้อยยังมีการแตกกอน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเดือนที่ 6 (Table 1)

ปริมาณธาตุอาหารหลักและรองในใบอ้อย

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

การใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบอ้อยของทุกตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือน แตกต่างกันทางสถิติ โดยในช่วงอายุ 2 เดือน ปริมาณไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 1.56–1.96% และเพิ่มขึ้นเป็น 2.22–2.41% เมื่ออ้อยมีอายุ 4 เดือน ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบอ้อยเมื่อเก็บที่อายุ 6 เดือน พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง ($p < 0.05$) โดยตำรับที่มีการใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับการฉีดพ่นสังกะสีทางใบที่ความเข้มข้น 2% (T4) ให้ปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 2.02% ขณะที่ตำรับควบคุมซึ่งไม่ใส่เชื้อแบคทีเรียและไม่ฉีดพ่นสังกะสี (T1) ให้ปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุด คือ 1.34% (Table 2) ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของกรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ และคลอโรฟิลล์ มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ส่งเสริมการแตกกอ การยืดตัวของลำต้น และพื้นที่ใบสำหรับการสังเคราะห์แสง โดยทั่วไปอ้อยต้องการไนโตรเจนมากกว่า 1.7–1.9% ของน้ำหนักแห้งใบ (Calcino, 2018) เมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้ พบว่าอ้อยมีไนโตรเจนที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ยกเว้นตำรับควบคุม (T1) และตำรับที่ 5 (Table 2)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

การใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี ไม่มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบอ้อยที่อายุ 2, 4 และ 6 เดือน แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่อายุ 2 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 0.02–0.03% และเพิ่มขึ้นเป็น 0.07–0.09% เมื่ออ้อยมีอายุ 4 เดือน และอยู่ในช่วง 0.06–0.07% ที่อายุ 6 เดือน (ตารางที่ 2) ซึ่งฟอสฟอรัสมีบทบาทในกระบวนการถ่ายโอนพลังงานของพืช ATP และ ADP เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก และเกี่ยวข้องโดยตรงกับการแบ่งเซลล์และการพัฒนาระบบราก โดยเฉพาะในอ้อยมีความสำคัญอย่างยิ่งในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต ช่วยเร่งการตั้งตัวของต้นและการแตกกอ ความพอเพียงของฟอสฟอรัสสำหรับอ้อย คือ 0.19% ของน้ำหนักแห้งใบ (Calcino, 2018) เมื่อเทียบกับปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ พบว่า มีค่าน้อยกว่าช่วงความพอเพียงสำหรับอ้อย (Table 2) ดังนั้นจึงอาจส่งผลต่อการพัฒนาราก มีการแตกกอลดลง และการตั้งตัวของอ้อยช้า โดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต แม้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่วิเคราะห์ได้ในดิน จะอยู่ในระดับสูงมาก คือ 186.83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ความเข้มข้นในใบมีค่าน้อยกว่าช่วงพอเพียงสำหรับอ้อย เนื่องจากดินด่างประเภทที่มีหินปูน ฟอสฟอรัสเกิดการตรึงและตกตะกอนในรูปแคลเซียมฟอสเฟต พืชจึงดูดใช้ได้ยาก

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่สะสมในใบอ้อยช่วงอายุต่าง ๆ จากการใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าโพแทสเซียมจะสะสมในใบอ้อยเพิ่มขึ้นตามอายุที่เก็บ โดยในช่วงอายุ 2 เดือน มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในพิสัย 0.04–0.08% และเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเป็น 1.35–1.74% เมื่ออ้อยมีอายุ 4 เดือน จากนั้นอยู่ในช่วง 1.41–1.70% ที่อายุ 6 เดือน (Table 2) ซึ่งโพแทสเซียมทำหน้าที่ควบคุมสมดุลน้ำในเซลล์ การเปิด–ปิดปากใบ และการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด มีบทบาทสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายและการสะสมน้ำตาลในลำอ้อย ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของลำต้นและความทนทานต่อความเครียด เช่น ภัยแล้งและโรค Calcino (2018) รายงานว่า อ้อยต้องการโพแทสเซียมมากกว่า 1.1% ของน้ำหนักแห้งใบ เมื่อเทียบกับปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้ พบว่า อ้อยมีโพแทสเซียมที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ยกเว้นอ้อยที่อายุ 2 เดือน (Table 2)

ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด

การใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี มีผลให้ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในใบอ้อยที่อายุ 2 เดือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยตำรับที่มีการใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับการฉีดพ่นสังกะสีทางใบที่ความเข้มข้น 1% (T3) ให้ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.47% ขณะที่ตำรับที่ฉีดพ่นสังกะสีเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 1% (T5) ให้ปริมาณแคลเซียมต่ำที่สุด คือ 0.29% มีแนวโน้มว่าการใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มการสะสมแคลเซียมในใบอ้อยที่ระยะการเจริญเติบโตด้านลำต้น สำหรับปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในใบอ้อยที่ 4 และ 6 เดือน ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.36–0.42% และ 0.29–0.38% ตามลำดับ (Table 2) โดยทั่วไปอ้อยต้องการแคลเซียมมากกว่า 0.20% ของน้ำหนักแห้งใบ (Calcino, 2018) เมื่อเทียบกับปริมาณแคลเซียมทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ในการทดลอง พบว่าอยู่ในระดับที่พอเพียงกับความต้องการของอ้อยที่

ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด

ปัจจัยที่ศึกษามีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมในใบอ้อยที่อายุ 2 เดือน และ 4 เดือน แตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับที่มีการใส่เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus australimaris* KU32 ร่วมกับการฉีดพ่นสังกะสีทางใบที่ความเข้มข้น 1% (T3) ให้ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดที่อายุ 2 และ 4 เดือน สูงที่สุด คือ 0.30% และ 0.27% ตามลำดับ ขณะที่ตำรับที่ฉีดพ่นสังกะสีเพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 1% (T5) มีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในใบที่อายุ 2 และ 4 เดือนต่ำที่สุด คือ 0.20% และ 0.17% ตามลำดับ เมื่อเปรียบระหว่างปัจจัยที่ศึกษามีแนวโน้มว่าการใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 มีบทบาทต่อการสะสมแมกนีเซียมในใบอ้อยในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต สำหรับปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในใบอ้อยที่อายุ 6 เดือน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.18–0.23% (Table 2) ปริมาณแมกนีเซียมที่วิเคราะห์ได้อยู่ในระดับพอเพียงสำหรับอ้อย จากรายงานของ Calcino (2018) ระบุว่าถ้าแมกนีเซียมในใบอ้อยมีค่า 0.08% จะถือว่าเหมาะสมสำหรับอ้อย

ปริมาณสังกะสีทั้งหมด

อิทธิพลของการใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี ไม่มีผลทำให้ปริมาณสังกะสีทั้งหมดในใบอ้อยที่อายุ 2 และ 6 เดือน แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.62–10.38 และ 3.81–5.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การเก็บใบที่อายุ 2 เดือน จะทำก่อนการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี ดังนั้น ความเข้มข้นของสังกะสีในใบอ้อยที่อายุ 2 เดือน น่าจะเป็นผลจากอิทธิพลของเชื้อแบคทีเรียที่ใส่ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดินก่อนปลูกซึ่งมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (1.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับอ้อยที่อายุ 4 เดือน พบว่า อิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษา มีผลให้ปริมาณสังกะสีทั้งหมดในใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตำรับที่มีการใส่เชื้อแบคทีเรียเพียงอย่างเดียว (T2) ให้

ปริมาณสังกะสีทั้งหมดสูงที่สุด คือ 5.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ตำรับควบคุม (T1) ที่ให้ปริมาณสังกะสีทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 2.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีแนวโน้มว่าการใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 และการฉีดพ่นสังกะสีต่อการสะสมสังกะสีในใบอ้อยมีผลชัดเจนเฉพาะในช่วงอายุ 4 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่เก็บใบมาวิเคราะห์ภายหลังจากการฉีดพ่นสังกะสีที่อายุ 2 เดือนแล้ว (Table 2) สังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน (IAA) ที่ควบคุมการยืดตัวของเซลล์ การเจริญของยอดในอ้อย การเจริญเติบโตของใบอ่อนและการแตกกอ ซึ่งเป็นช่วงการเจริญเติบโตด้านลำต้นจนถึงระยะย่างปล้อง (Mellis et al., 2024) อีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช โดยช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ Carbonic anhydrase (CA) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในใบพืช ทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Dalila et al., 2012) เมื่อพืชขาดธาตุสังกะสีจะปรากฏอาการชัดเจนที่ใบอ่อน โดยทั่วไปอ้อยต้องการสังกะสีมากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้งใบ (Calcino, 2018) ขณะที่ McCray and Mylavarapu (2010) รายงานว่า ความพอเพียงของสังกะสีสำหรับอ้อยอยู่ในช่วง 17–32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Reuter and Robinson (1997) ให้ข้อมูลความพอเพียงของสังกะสีในใบอ้อยที่ช่วงอายุต่าง ๆ กล่าวคือ ช่วงที่อ้อยมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ความพอเพียงจะอยู่ในพิสัย 15–50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่ออ้อยมีอายุ 4 เดือน ในใบที่อยู่ตำแหน่งกลางต้น จะอยู่ในช่วง 25–50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนระดับวิกฤติมีค่าอยู่ที่ 10–15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ได้ พบว่า อ้อยมีสังกะสีไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตทุกตำรับและทุกระยะการทดลอง แต่จากสังเกตในแปลงไม่พบว่าอ้อยแสดงอาการขาดสังกะสีจึงอาจเป็นไปได้ว่าช่วงความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง hidden hunger และจะแสดงอาการขาดออกมาอย่างชัดเจนเมื่อได้รับสังกะสีไม่พอเพียง (Table 2)

Table 2 Accumulation of N, P, K in sugarcane leaves as affected by *Bacillus australimaris* KU32 and zinc application at 2, 4, 6 months of age

Treatment	Total N (%) at			Total P (%) at			Total K (%) at			Total Ca (%) at			Total Mg (%) at			Total Zn (mg/kg) at		
	2 M	4 M	6 M	2 M	4 M	6 M	2 M	4 M	6 M	2 M	4 M	6 M	2 M	4 M	6 M	2 M	4 M	6 M
T1: Control 1	1.96	2.32	1.34^{b}	0.03	0.08	0.07	0.06	1.35	1.70	0.34^{cd}	0.41	0.36	0.24^{bcd}	0.22^{ab}	0.19	9.99	2.89^{b}	4.37
T2: Control 2 + inoculated[1/]	1.83	2.22	1.81^{ab}	0.03	0.08	0.07	0.08	1.41	1.48	0.43^{ab}	0.36	0.38	0.26^{b}	0.22^{ab}	0.22	8.62	5.03^{a}	4.38
T3: Zn 1% + inoculated[1/]	1.64	2.41	1.90^{a}	0.02	0.09	0.07	0.04	1.56	1.49	0.47^{a}	0.42	0.38	0.30^{a}	0.27^{a}	0.23	10.38	4.08^{ab}	4.00
T4: Zn 2% + inoculated[1/]	1.73	2.26	2.02^{a}	0.02	0.09	0.07	0.05	1.53	1.41	0.39^{bc}	0.42	0.34	0.24^{bc}	0.26^{a}	0.18	9.5	4.01^{ab}	4.6
T5: Zn 1%	1.56	2.26	1.92^{a}	0.02	0.07	0.06	0.06	1.62	1.67	0.29^{d}	0.38	0.29	0.20^{d}	0.17^{b}	0.18	9.73	3.43^{ab}	3.81
T6: Zn 2%	1.74	2.38	1.90^{a}	0.02	0.08	0.06	0.06	1.74	1.70	0.32^{d}	0.37	0.31	0.21^{cd}	0.19^{b}	0.20	9.51	3.26^{ab}	5.80
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	**	*	ns	ns	*	ns
CV (%)	12.64	8.81	17.38	14.96	16.23	14.4	32.98	15.09	11.14	19.39	14.7	20.15	17.03	19.52	15.36	18.95	26.84	25.13

[1/]Inoculation refers to the application of *Bacillus australimaris* KU32

[2/]Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the 95% confidence level according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

** indicates a highly significant difference ($p < 0.01$)

* Indicates a significant difference ($p < 0.05$)

ns indicates no significant difference

สรุป

การใช้เชื้อ *Bacillus australimaris* KU32 ร่วมกับการฉีดพ่นสังกะสีส่งผลต่อการเจริญเติบโตและสถานะธาตุอาหารของอ้อยแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของพืช การใส่เชื้อแบคทีเรียเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ความสูงอ้อยที่อายุ 4 และ 6 เดือน ค่าความเขียวใบที่อายุ 2 เดือน และปริมาณสังกะสีในใบที่อายุ 4 เดือนมีค่าสูงสุด ขณะที่การใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับการฉีดพ่นสังกะสีทางใบที่ความเข้มข้น 1% มีการสะสมแคลเซียมในใบที่อายุ 2 เดือน และแมกนีเซียมในใบที่อายุ 2 และ 4 เดือนสูงสุด สำหรับตำรับที่ใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับการฉีดพ่นสังกะสีทางใบที่ความเข้มข้น 2% ให้ปริมาณไนโตรเจนในใบที่อายุ 6 เดือนสูงสุด ดังนั้น การใส่เชื้อแบคทีเรียเพียงอย่างเดียว และการใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับการฉีดพ่นสังกะสีทางใบจึงมีแนวโน้มเพิ่มการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารของใบอ้อยในระยะย่างปล้องดีกว่าเมื่อเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ ทั้งนี้ต้องศึกษาอิทธิพลที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในระยะเก็บเกี่ยวเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. มปป. ชุดดินเขาพลอง กลุ่มชุดดินที่ 40.
แหล่งที่มา: https://iddindee.ldd.go.th/SoilSeries/K_2/3_Series_(Kpg), 12 กันยายน 2568.

กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2567. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต 2566/67. 80.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีระพล พลรักดี. 2554. ขอนแก่น 3 พันธุ์อ้อยสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
แหล่งที่มา: https://tarr.arda.or.th/preview/item/KkQ5HrtHf-Ga5b9pZqXYe.

Calcino, D., Schroeder, B., Panitz, J., Hurney, A., Skocaj, D., Wood, A. 2018. Australian sugarcane nutrition manual. Sugar Research Australia Limited. Brisbane, Queensland, Australia. 111 pp.

Choudhury, B.U., Ansari, M.A., Chakraborty, M., Thounaojam, T.M. 2021. Effect of land-use change along altitudinal gradients on soil micronutrients in the mountain ecosystem of Indian (Eastern) Himalaya. Sci. Rep. 11: 93788. doi.org/10.1038/s41598-021-93788-3

Dalila, J.E.A., Ojeda-Barrios, D.L., Hernandez-Rodriguez, O.A., Chavez, E.S., Ruiz-Anchondo, T., Sida-Arreola, J.P. 2012. Carbonic anhydrase and zinc in plant physiology. Chil. J. Agric. Res. 72: 140–146.

El-Damarawy, Y.A., Saleh, E.M., Ibrahim, O.M., El-Refaey, A.A., Saleh, M.E., El-Gamal, E.H. 2025. Optimizing phosphorus released in calcareous soil amended with bone char and bone ash using response surface methodology and desirability function. Sci. Rep. 15: 13548. doi.org/10.1038/s41598-025-13548-5

Gohil, R.B., Raval, V.H., Panchal, R.R., Rajput, K.N. 2022. Plant growth-promoting activity of Bacillus sp. PG-8 isolated from fermented panchagavya and its effect on the growth of Arachis hypogea. Front. Agron. 4: 805454. doi.org/10.3389/fagro.2022.805454

Martínez-Rios, O., Bravo-Vinaja, A., San-Martín-Hernández, C., Hidalgo-Moreno, C.I., Sanchez-de-Jesus, M.A., Llampallas-Díaz, J.D., Santillan-Balderas, D.R., García-Preciado, J.C. 2024. Zinc deficiency in calcareous soils: A bibliometric analysis from 1989 to 2024. Agriculture 14: 2285. doi.org/10.3390/agriculture14122285

Matos, C.H.L., Montenegro, R.A., Uchoa, S.C.P., Junior, J.F.V., Saboia, V.H.C., Tavares, I.N. 2024. Soil micronutrients: Dynamics, availability, and fertilization management. Sevened. 8: 7. doi.org/10.56238/sevened2024.008-007

McCray, J.M., Mylavarapu, R. 2010. Sugarcane nutrient management using leaf analysis. IFAS EDIS Publ. SS-AGR-335. Univ. Florida. Gainesville, FL, USA.

Mellis, E.V., Ramos, L.F., Ferreira, A.J., Andrade, R.P., Teixeira, L.A.J., Otto, R., Almeida, R.F. 2024. Micronized Zn oxide on carbonic anhydrase activity, health, and yield of ratoon sugarcane under tropical conditions. J. Soil Sci. Plant Nutr. 24: 1424. doi.org/10.1007/s12355-024-01424-x

Merry, R.H. 2009. Acidity and alkalinity of soils. In: Sabljic, A. (Ed.). Environmental and ecological chemistry. Encyclopedia of Life Support Systems. Oxford, USA. 59–83.

Reuter, D.J., Robinson, J.B. 1997. Plant analysis: An interpretation manual. 2nd ed. CSIRO Publishing. Melbourne, Australia. 572 pp.

Thapa, S., Bhandari, A., Ghimire, R., Xue, Q., Kidwaro, F., Ghatrehsamani, S., Maharjan, B., Goodwin, M. 2021. Managing micronutrients for improving soil fertility, health, and soybean yield. Sustainability 13: 11766. doi.org/10.3390/su132111766

United States Department of Agriculture (USDA). 2024. Thailand: Sugar annual. USDA.

สาขาสัตว์

(Subject: Animals)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

จุลกายวิภาคศาสตร์ของคอหอย หลอดอาหารและกระเพาะอาหารของงูสามเหลี่ยม (*Bungarus fasciatus*)

Microanatomy of the pharynx, esophagus and stomach of the banded krait (*Bungarus fasciatus*)

เพชร เผ่าสุริยะ[a], **นเรนทร์ฤทธ์ แก้วเรื่อง**[a], **อรรคพล วณิกสัมบัน**[b], **สาคร คงสุด**[c], **อัคนี ผิวหอม**[c,*]

Phet Paosuriya[a], Narainrit Kaewrueng[a], Akapon Vaniksampanna[b], Sakon Khongsud[c], Akkanee Pewhom[c,*]

[a]โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยทักษิณ ฝ่ายมัธยม พัทลุง 93210

[b]สำนักนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ 10110

[c]หลักสูตรชีววิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[a]Demonstration Secondary School, Thaksin University, Phatthalung 93210, Thailand

[b]Innovative Learning Center, Srinakharinwirot University, Bangkok 101110, Thailand

[c]Curriculum of Biological Sciences, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: akkanee.p@tsu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาจุลกายวิภาคของคอหอย หลอดอาหารและกระเพาะอาหารของงูสามเหลี่ยม โดยนำงูสามเหลี่ยม 5 ตัวมาทำสลบและนำอวัยวะมาผ่านเทคนิคพาราฟินพื้นฐาน ตัดชิ้นเนื้อให้ได้เนื้อเยื่อแผ่นบางหนา 5 ไมโครเมตรและย้อมสีฮีมาทอกไซลินและสีอิโอซิน ผลการศึกษาพบว่า คอหอยและหลอดอาหารมีเนื้อเยื่อบุผิวชนิด simple columnar ประกอบด้วย เซลล์ columnar และเซลล์ goblet เหมือนกัน แต่ต่างกันที่คอหอยพบเซลล์ ciliated ชั้นกล้ามเนื้อของทั้ง 2 อวัยวะเป็นกล้ามเนื้อโครงร่าง ขณะที่กระเพาะอาหารแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ cardia, fundus และ pylorus ซึ่งทั้ง 3 ส่วนบุด้วย simple columnar อย่างไรก็ตาม กระเพาะอาหารส่วน cardia และ fundus มีต่อม cardiac และต่อม fundic ตามลำดับ ขณะที่ส่วน pylorus ไม่มีต่อม

คำสำคัญ: กระเพาะอาหาร, คอหอย, ต่อม, เนื้อเยื่อวิทยา, หลอดอาหาร

Abstract

This study aimed to investigate the microanatomy of the pharynx, esophagus, and stomach of the five banded kraits. The organs were processed using the standard paraffin technique. Sections 5 µm thick were stained with hematoxylin and eosin. The results showed that the pharynx and esophagus were lined with simple columnar epithelium consisting of columnar and goblet cells. However, the pharynx additionally contained ciliated cells. The muscular layer of both organs was composed of skeletal muscle. The stomach was divided into three regions: cardia, fundus, and pylorus, all lined with simple columnar epithelium. Nevertheless, the cardiac and fundic regions contained cardiac and fundic glands, respectively, whereas the pyloric region lacked glands.

Keywords: Esophagus, Gland, Histology, Pharynx, Stomach

คำนำ

ระบบทางเดินอาหารเป็นระบบที่มีความสำคัญกับสิ่งมีชีวิต มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการกินอาหาร การย่อยอาหาร การดูดซึมสารอาหารและขับถ่ายกากอาหาร (Secor et al., 1994) สัตว์มีกระดูกสันหลังมีอวัยวะในระบบทางเดินอาหาร ประกอบด้วย ปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และทวารหนักหรือทวารร่วม อย่างไรก็ตาม ลักษณะและอวัยวะของระบบทางเดินอาหารในสัตว์มีกระดูกสันหลังมีความแตกต่างกันออกไป ขณะที่ผนังของทางเดินอาหารมีโครงสร้างคล้ายกัน คือ ประกอบด้วย ชั้นเยื่อเมือก (mucosa) ชั้นใต้เยื่อเมือก (submucosa) ชั้นกล้ามเนื้อ (muscularis) และชั้นเยื่อเลื่อม (serosa) (Cakici and Akat, 2013)

ระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลี้ยอคลานมีอวัยวะต่างๆ เหมือนกับสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูงอื่นๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากรูปร่างของลำตัวและการกินอาหารที่ต่างกัน จึงทำให้ทางเดินอาหารบางส่วนมีความแตกต่างกัน (Prawirohartono, 1995) ระบบทางเดินอาหารของงูมีลักษณะโดยทั่วไป คือ ช่องปากบุด้วย non-keratinized stratified squamous epithelium ส่วนหลอดอาหารของงูมีความแตกต่างกันในระหว่างวงศ์ (family) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปรับตัวต่ออาหารที่กิน ส่วนกระเพาะอาหารมีรูปร่างที่แตกต่างกัน (Elliott, 2007) โดยงูมีกระเพาะอาหารรูปร่างยาว ชั้นเยื่อเมือกมีลักษณะเป็นรอยพับ (fold) ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับงูแต่ละชนิด (Eroschenko, 2015) ชั้นเยื่อเมือกของกระเพาะอาหารส่วน fundus ประกอบด้วยต่อมชนิด tubular ในงูบางชนิดอาจพบ mucous neck cell และส่วนที่เป็นต่อมพบเซลล์ oxynticopeptic และเซลล์ mucous สำหรับลำไส้ของงูมีพื้นผิวด้านแตกต่างกันในงูแต่ละกลุ่ม (Elliott, 2007)

งูสามเหลี่ยม (*Bungarus fasciatus* Schneider, 1801) มีลำตัวสีดำสลับเหลืองเป็นปล้อง มีกระดูกสันหลังยกตัว (Chanhome et al., 2011) เมื่อโตเต็มวัยมีความยาวประมาณ 100–180 เซนติเมตร (Chan-Ard et al., 2015) สำหรับอาหารของงูสามเหลี่ยมคือ งูชนิดอื่นๆ กิ้งก่า สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและปลา (Chanhome et al., 2011) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การที่พื้นที่อาศัยของงูสามเหลี่ยมเป็นบริเวณเดียวกับที่อยู่อาศัยและพื้นที่ทำกิจกรรมของมนุษย์ จึงทำให้เกิดปัญหาในหลายพื้นที่ โดยพบอัตราการตายของงูสามเหลี่ยมที่เกิดจากฝีมือของมนุษย์เพิ่มมากขึ้น (พงศ์เทพ, 2563) ในปัจจุบัน ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาด้านต่างๆ ของงูสามเหลี่ยม (Knierim, 2018) อย่างไรก็ตาม ความรู้ทางจุลกายวิภาคของระบบร่างกายยังขาดแคลนอยู่ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจุลกายวิภาคของคอหอย หลอดอาหารและกระเพาะอาหารของงูสามเหลี่ยมด้วยวิธีการทางเทคนิคพาราฟิน การย้อมสีและศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยผลที่ได้เป็นประโยชน์ในงานวิจัยด้านอื่นๆ เช่น นิเวศวิทยา พยาธิวิทยา (pathology) และวิวัฒนาการ

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างงูสามเหลี่ยมตัวเต็มวัยจำนวน 5 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 2.5±0.85 กิโลกรัม จากอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ระหว่างเดือนเมษายน-สิงหาคม นำมาทำสลบและตายอย่างสงบด้วยการฉีด sodium pentobarbital การทำให้สัตว์ตายอย่างสงบเป็นไปตามแนวทางของ AVMA (2020) โดยฉีดเข้าช่องท้องและให้ขนาดยาในรูปแบบ mg/kg ตามน้ำหนักตัวของแต่ละตัว ทั้งนี้เลือกวิธีฉีดเข้าช่องท้องเนื่องจากการเข้าถึงหลอดเลือดดำทำได้ยาก การยืนยันการตายโดยตรวจการไม่มี corneal reflex การหยุดหายใจและการไม่มี righting reflex ซึ่งบ่งบอกได้ว่างูสลบเรียบร้อยแล้ว (นิชาภา, 2563) หลังจากนั้น จึงทำการผ่าตัดเพื่อเปิดหน้าท้องและแยกเอาระบบทางเดินอาหารออกมาถ่ายภาพและคงสภาพในสารละลาย Bouin's เมื่อครบกำหนด จึงผ่าแยกและนำคอหอย หลอดอาหารและกระเพาะอาหารออกจากลำไส้ เพื่อนำมาผ่านขั้นตอนพื้นฐานทางเนื้อเยื่อวิทยาด้วยเทคนิคพาราฟินและตัดชิ้นเนื้อให้เป็นเนื้อเยื่อแผ่นบางที่มีความหนา 5 ไมโครเมตร โดยการตัดเป็นแบบ serial section นำเนื้อเยื่อแผ่นบางมาย้อมสีฮีมาทอกไซลินและสีอิโอซิน (hematoxylin and eosin; H&E) เพื่อ

ศึกษาลักษณะทั่วไปของเนื้อเยื่อ (Bancroft, 2008) ถ่ายภาพเนื้อเยื่อแผ่นบางและดูผลด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเลนส์ประกอบ การปฏิบัติต่อสัตว์ได้ผ่านการขออนุญาตการใช้สัตว์เลขที่ COA No. TSU 2022-002 IACUC No. 0002

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

มหกายวิภาคศาสตร์

ผลการสังเกตทางมหกายวิภาค พบว่า อวัยวะทั้งหมดมีความยาวตั้งแต่ส่วนหัวของงูจนถึงช่องเปิดทวารร่วม ซึ่งระบบทางเดินอาหารยาวขนานไปกับระบบสืบพันธุ์ โดยวางตัวอยู่ทางด้านท้อง (ventral) ของร่างกาย คอหอยเป็นบริเวณที่ผนังชั้นในมีลักษณะเป็นรอบพับตามยาว (longitudinal fold) โดยยาวต่อเนื่องไปติดต่อกับหลอดอาหารที่มีลักษณะเป็นท่อกล้ามเนื้อ (Fig. 1) ถัดจากหลอดอาหารคือ กระเพาะอาหาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ cardia, fundus และ pylorus โดยรูปร่างของกระเพาะอาหารมีลักษณะโค้ง ทำให้สังเกตเห็น greater และ lesser curvature ได้อย่างชัดเจน สำหรับกระเพาะอาหารส่วนแรก คือ cardia เป็นส่วนที่ต่อกับหลอดอาหารมีลักษณะคล้ายถุงขนาดใหญ่ ขณะที่มีขนาดเล็กลงมาทาง pylorus ถัดจากกระเพาะอาหาร คือ ลำไส้เล็ก ซึ่งเป็นท่อขนาดเล็ก โดยที่ด้านข้างของลำไส้เล็ก พบตับอ่อนที่มีสีขาว-เหลือง ลำไส้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ ซึ่งลำไส้เล็กมีลักษณะขดม้วนพับมากกว่าลำไส้ใหญ่ ขณะที่ลำไส้ใหญ่ขดเล็กน้อยและเปิดออกสู่ทวารร่วม (Fig. 1)

จุลกายวิภาคศาสตร์

สำหรับคอหอยพบว่า ลักษณะของชั้นเยื่อเมือกเป็นรอยพับตามยาวและหนายื่นเข้าไปในลูเมน ซึ่งบางบริเวณพบการแตกแขนงของรอยพับเป็นรอยพับทุติยภูมิ (secondary fold) (Figs. 2A–2B) คอหอยมีเนื้อเยื่อบุผิวชนิด simple columnar ประกอบด้วย columnar cell และ goblet cell โดยเซลล์บุผิวตั้งอยู่บนเยื่อฐาน (basement membrane) นอกจากนี้ ในบางบริเวณยังพบ ciliated cell อีกด้วย (Figs. 2B–2C) ซึ่งคล้ายกับงู *Bothrops jararaca* และ *Crotalus durissus* (Gogone et al., 2017) ใต้ชั้นเนื้อเยื่อบุผิวพบชั้น lamina propria ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่นทึบที่เรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบ (dense irregular connective tissue) นอกจากนี้ คอหอยไม่มีชั้น muscularis mucosae สำหรับชั้นใต้ชั้นเยื่อเมือก ประกอบด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่นทึบ ซึ่งมีหลอดเลือดแทรกอยู่ ขณะที่ชั้นกล้ามเนื้อเป็นกล้ามเนื้อโครงร่าง (skeleton muscle) (Figs. 2A–2B)

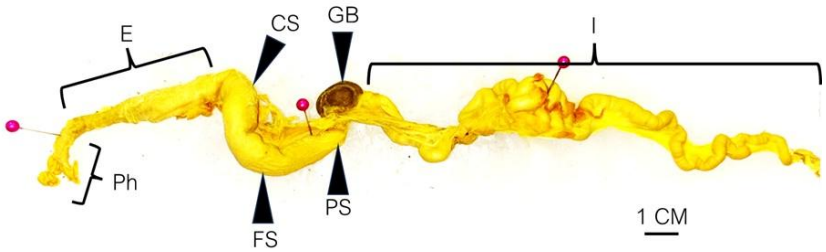


Fig. 1 The digestive system of the banded krait consists of the pharynx (Ph), esophagus (E), cardia of the stomach (CS), fundus of the stomach (FS), pylorus of the stomach (PS), intestine (I), and gall bladder (G).

หลอดอาหารของงูสามเหลี่ยมมีลักษะเหมือนกับงูชนิดอื่น ๆ โดยพบว่า ชั้นเยื่อเมือกเป็นรอยพับตามยาว ซึ่งพบทั้งรอยพับปฐมภูมิ (primary fold) และรอยพับทุติยภูมิ (secondary fold) ที่หนา (Abu-Neel, 1999; Cundall et al.,

2014) (Figs. 2D–2E) เนื้อเยื่อบุผิวของหลอดอาหารเป็นชนิด simple columnar ซึ่งต่างจากคอหอย โดยประกอบด้วย columnar cell ที่ไม่มีซีเลีย โดยที่ภายในเซลล์มีสารที่ย้อมไม่ติดสีอิโอซิน ทำให้ภายในเซลล์มีลักษณะใสและมี goblet cells แทรกระหว่างเซลล์บุผิว นอกจากนี้ บางบริเวณพบเซลล์เม็ดเลือดขาวแทรกอยู่ในชั้นเนื้อเยื่อบุผิว (Figs. 2E–2F) ซึ่งชนิดเซลล์ที่พบในงูสามเหลี่ยมคล้ายกับที่พบในงู *Cerberus rynchops* งู *Pituophis catenifer* (Khamas and Reeves, 2011) และงู *Enhydris enhydris* (Masyitha et al., 2020) อย่างไรก็ตาม มีความแตกต่างในส่วนของเนื้อเยื่อบุผิว โดยที่ในงู *C. rynchops* เป็นชนิด pseudostratified columnar epithelium (Boonyoung et al., 2017) สำหรับไซโทพลาซึมที่ใสนั้น สันนิษฐานว่าภายในเซลล์อาจเป็นเมือกที่มีหน้าที่ในการหล่อลื่นหลอดอาหารในขณะที่มีการกลืนเหยื่อและเพื่อให้การเคลื่อนที่ของอาหารเป็นไปอย่างสะดวก (Khamas and Reeves, 2011) โดย Boonyoung et al., (2017) กล่าวว่า สารเหล่านี้เป็นเมือกชนิด neutral และ acid mucopolysaccharide ซึ่งคล้ายกับงูชนิดอื่น ๆ รวมถึงสัตว์เลื้อยคลานชนิดอื่น ๆ (Elliott, 2007; Ahmed et al., 2009) ตลอดความยาวของหลอดอาหารพบชั้น muscularis mucosae ซึ่งเป็นแถบกล้ามเนื้อเรียบ ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบต่อมในหลอดอาหาร ซึ่งเหมือนกับงูชนิดอื่นๆ (Khamas and Reeves, 2011) สำหรับชั้น submucosa ประกอบด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดโปร่งบาง (loose connective tissue) ที่พบหลอดเลือดแทรกอยู่ ชั้นกล้ามเนื้อเป็นกล้ามเนื้อโครงร่าง (skeleton muscle) เรียงตัว 2 ชั้น คือ ชั้นในเป็นกล้ามเนื้อวง (circular muscle) และชั้นนอกเรียงตัวตามยาว (longitudinal muscle) และมีความหนากว่าคอหอย (Figs. 2D–2E)

สำหรับกระเพาะอาหารของงูสามเหลี่ยมมีผนังและโครงสร้างทางจุลกายวิภาคพื้นฐานเหมือนกับสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น (Rovira et al., 1993; Khamas and Reeves, 2011; Boonyoung et al., 2017) โดยประกอบด้วยผนัง 4 ชั้น คือ ชั้นเยื่อเมือก ชั้นใต้เยื่อเมือก ชั้นกล้ามเนื้อและชั้นเยื่อเลื่อม (Figs. 3A, 3D และ 4A) ซึ่งผนังกระเพาะอาหารมีลักษณะเป็นรอยพับตามยาวและกระเพาะอาหารมีเนื้อเยื่อบุผิวชนิด simple columnar เหมือนกับที่พบในงู *Psammophis sibilans* (Jegede et al., 2015) งู *C. rynchops* (Boonyoung et al., 2017) งู *B. jararaca* งู *C. durissus* (Gogone et al., 2017) และงู *E. enhydris* (Masyitha et al., 2020) ซึ่ง Boonyoung et al., (2017) พบว่า เซลล์เหล่านั้นสร้างสาร neutral mucopolysaccharide ซึ่งมีหน้าที่ช่วยปกป้องพื้นผิวของกระเพาะอาหารที่ติดกับลูเมนจากกรด ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พบได้ทั่วไปในสัตว์หลายชนิดรวมถึงมนุษย์ (Derrien et al., 2010)

กระเพาะอาหารของงูสามเหลี่ยมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ cardia, fundus และ pylorus โดยส่วน cardia พบว่าชั้น lamina propria มีต่อมแกสตริก (gastric gland) หรือเรียกว่าต่อม cardiac ซึ่งเป็นชนิด simple tubular และพบเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดโปร่งบางล้อมรอบต่อม โดยเนื้อเยื่อบุผิวของต่อมเป็นชนิด simple cuboidal-columnar ภายในเซลล์มีแกรนูลย้อมติดสีชมพูของสีอิโอซิน ซึ่งเป็นเซลล์ oxynticopeptic cell (Figs. 3B–3C) ต่อม cardiac เปิดออกสู่ลูเมนผ่านทาง gastric pit ใต้เนื้อเยื่อบุผิวพบชั้น muscularis mucosae ที่มีความบาง (Figs. 3A–3B) สำหรับชั้นใต้เยื่อเมือกประกอบด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดโปร่งบางและหลอดเลือดเป็นจำนวนมาก ถัดจากชั้นใต้เยื่อเมือกเป็นชั้นกล้ามเนื้อเรียบเรียงตัว 2 ชั้น โดยกล้ามเนื้อชั้นนอกเรียงตัวตามยาว ส่วนชั้นในเรียงแบบวง ชั้นเยื่อเลื่อมประกอบด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดโปร่งบาง (Fig. 3A) ซึ่งเหมือนกับที่พบในงูชนิดอื่น ๆ (Boonyoung et al., 2017; Gogone et al., 2017)

สำหรับกระเพาะอาหารส่วน fundus มีลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยาคล้ายกับส่วน cardia ชั้น lamina propria พบต่อมแกสตริกหรือเรียกว่าต่อม fundic (Figs. 3D–3F) อย่างไรก็ตาม เนื้อเยื่อบุผิวของต่อมเป็นชนิด simple columnar ซึ่งเป็นเซลล์ oxynticopeptic ซึ่งต่อม fundic มีความความหนาน้อยกว่าต่อม cardiac (Figs. 3D–3F) ซึ่งบ่งบอกได้ว่าต่อม cardiac มีการหลั่งสารที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารมากกว่าต่อม fundic อีกทั้ง cardia ยังเป็นบริเวณที่เกิดกระบวนการย่อยมากกว่า fundus อีกด้วย ใต้เนื้อเยื่อบุผิวพบ muscularis mucosae ที่บางกว่าส่วน cardia (Fig. 3E) ลักษณะนี้คล้าย

กับการรายงานโดย Jacobson (2007) ขณะที่ชั้นใต้เยื่อเมือกมีลักษณะเหมือนกับส่วน cardia และชั้นกล้ามเนื้อเรียบทั้ง 2 ชั้นบางกว่า cardia (Fig. 3D)

เซลล์ที่พบในต่อม cardiac และ fundus คือ เซลล์ oxynticopeptic ซึ่งเหมือนกับที่พบในงูชนิดอื่นๆ (Boonyoung et al., 2017; Gogone et al., 2017) ขณะที่ต่อมในงูสามเหลี่ยมเป็นชนิด simple tubular ซึ่งแตกต่างจากงู *C. rynchops* ที่เป็นชนิด branched tubular (Boonyoung et al., 2017) โดยหน้าที่ของเซลล์ oxynticopeptic คือ หลั่งเปปซิโนเจนและกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เหมือนที่มีการรายงานไว้ (iquori et al., 2002) อย่างไรก็ตาม มีความแตกต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เนื่องจากเซลล์ chief ทำหน้าที่หลั่งเปปซิโนเจน ส่วนเซลล์ parietal หลั่ง HCl (Boonyoung et al., 2017)

สำหรับกระเพาะอาหารส่วน pylorus พบว่ามีรอยพับหนายื่นเข้าสู่ลูเมน ไม่พบต่อมในกระเพาะอาหารส่วนนี้ มีชั้น muscularis mucosae ที่บางมาก เมื่อเทียบกับกระเพาะอาหารทั้ง 2 ส่วน (Figs. 4A–4D) ชั้นกล้ามเนื้อ ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบหนาเรียงตัว 2 ชั้น แต่มีความหนามากกว่ากระเพาะอาหารทั้ง 2 ส่วนอย่างชัดเจน (Figs. 4A–4D) ซึ่งมีหน้าที่เป็นหูรูดกั้นระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้เล็กส่วนต้น อีกทั้ง ยังช่วยในการบีบตัวเพื่อดันกลับอาหารไปคลุกเคล้ากับเอนไซม์และกรดอีกด้วย

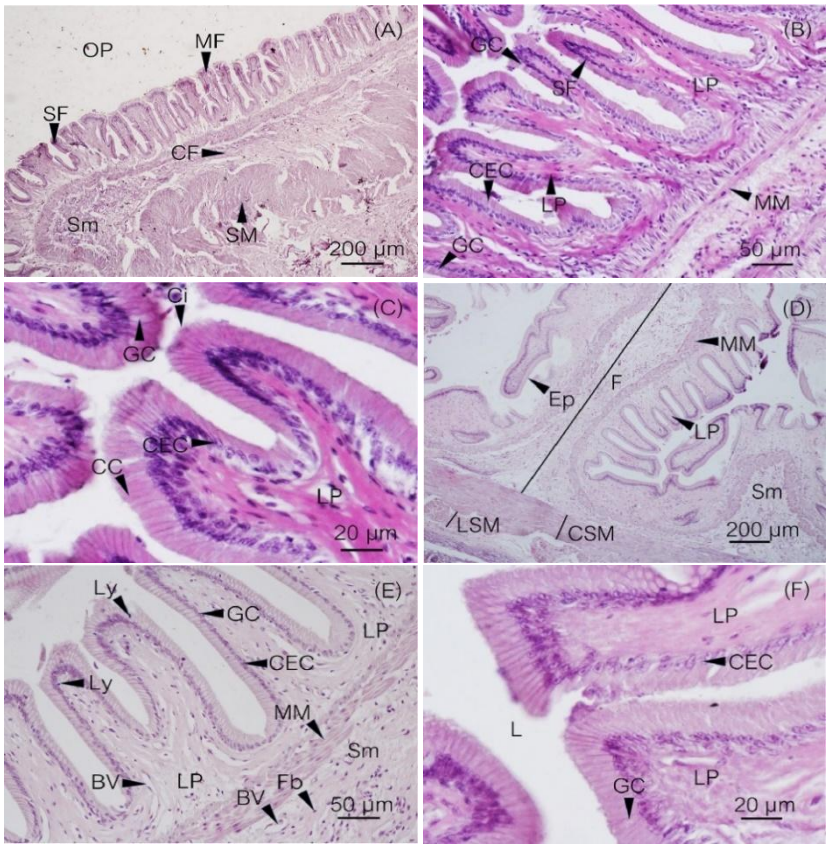


Fig. 2 Pharynx (A–C) and esophagus (D–F); blood vessel (BV), ciliated cell (CC), columnar epithelial cell (CEC), collagen fiber (CF), cilia (Ci), circular skeleton muscle (CSM), epithelial cell (Ep), fold (F), fibroblast (Fb), goblet cell (GC), lamina propria (LP), longitudinal skeleton muscle (LSM), lymphocyte (Ly), mucosal fold (MF), muscularis mucosae (MM), oropharynx (OP), secondary fold (SF), skeleton muscle (SM), submucosa (Sm)

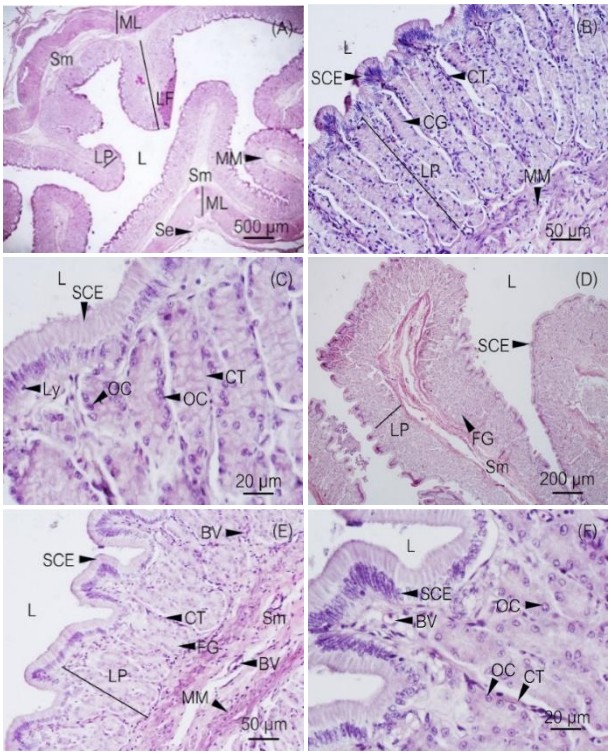


Fig. 3 cardia (A-C) and fundus (D-F); blood vessel (BV), cardiac gland (CG), connective tissue (CT), fundic gland (FG), lumen (L), longitudinal fold (LF), lamina propria (LP), lymphocyte (Ly), muscular layer (ML), muscularis mucosae (MM), oxynticopeptic cell (OC), simple columnar epithelial cell (SEC), serosa (Se), submucosa (Sm)

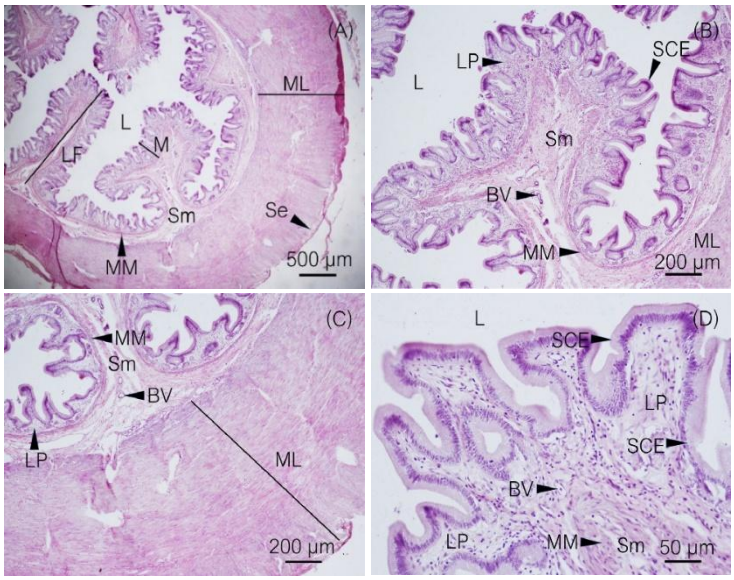


Fig. 4 pylorus (A-D); blood vessel (BV), lumen (L), longitudinal fold (LF), lamina propria (LP), mucosa (M), muscle cell (MC), muscular layer (ML), muscularis mucosae (MM), simple columnar epithelial cell (SEC), serosa (Se), submucosa (Sm)

สรุป

คอหอยและหลอดอาหารของงูสามเหลี่ยมมีเนื้อเยื่อบุผิวชนิด simple columnar ประกอบด้วยเซลล์ columnar เซลล์ goblet แต่ต่างกันที่คอหอยพบเซลล์ ciliated ซึ่งทั้งคอหอยและหลอดอาหารมีรอยพับและบางส่วนแตกแขนงเป็นรอยพับทุติยภูมิ ใต้ชั้นเยื่อเมือกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่นทึบ ขณะที่ชั้นกล้ามเนื้อเป็นกล้ามเนื้อโครงร่างคล้ายกัน แต่ต่างกันที่หลอดอาหารมีกล้ามเนื้อโครงร่าง 2 ชั้น ส่วนกระเพาะอาหารแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ cardia fundus และ pylorus ซึ่งมีเนื้อเยื่อบุผิวเป็นชนิด simple columnar โดย cardia และ fundus มีต่อมแกสตริกชนิด simple tubular โดยเนื้อเยื่อบุผิวของต่อมเป็น simple cuboidal-columnar และมีเซลล์ oxynticopeptic แต่ต่างกันที่ความหนาของต่อม ขณะที่ pylorus ไม่มีต่อม แต่มีกล้ามเนื้อหนา โดยประโยชน์ที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางจุลกายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของระบบย่อยอาหารของงู ใช้เปรียบเทียบกับงูชนิดอื่นๆ ที่กินอาหารแตกต่างกันเพื่อเชื่อมโยงลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์และหน้าที่และนำไปประยุกต์ใช้ทางพยาธิวิทยา (pathology) ซึ่งในอนาคตจะทำการย้อมสีเนื้อเยื่อด้วยสีอื่นๆ และศึกษาส่วนลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่และทวารร่วมเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลของทั้งระบบท่อทางเดินอาหาร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และมหาวิทยาลัยทักษิณ คำรับรองเลขที่ FF-2569-213224

เอกสารอ้างอิง

นิชาภา แสนสุรินทร์. 2563. คู่มือการการุณยฆาตและการผ่าซากเพื่อเก็บตัวอย่างสัตว์ทดลองขนาดเล็ก. ศูนย์สัตว์ทดลองภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พงศ์เทพ สุวรรณวารี. 2563. ความชุกชุมและการแพร่กระจายของงูพิษในพื้นที่ชุมชนใกล้สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา

Abu-Neel, Z.S. 1999. Morphological and anatomical studies of certain systems in the false horned viper, Pseudocerastes persicus fieldi (Schmidt, 1930). M.Sc. thesis, University of Jordan.

Ahmed, Y.A., El-Hafez, A.A.E., Zayed, A.E. 2009. Histological and histochemical studies on the esophagus, stomach and small intestines of Varanus niloticus. J. Vet. Anat. 2: 35–48.

Bancroft, J.D., Gamble, M. 2008. Theory and practice of histological techniques. 6th ed. Churchill Livingstone, Edinburgh, UK.

Boonyoung, P., Senarat, S., Kettratad, J., Jiraungkoorskul, W., Poolprasert, P., Wangkulangkul, S., Pengsakul, T., Yenchum, W., Suliemanh, Y. 2017. Esophagogastric region and liver tissue in dog-faced water snake Cerberus rynchops: Histology and histochemistry. Agr. Nat. Resour. 51: 538–543. doi.org/10.1016/j.anres.2017.12.002

Cakici, O., Akat, E. 2013. Some histomorphological and histochemical characteristics of the digestive tract of snake-eyed lizard Ophisops elegans Menetries, 1832 (Squamata: Lacertidae). North-West. J. Zool. 9: 257–263.

Chan-Ard, T., Nabhitabhata, J., Parr, J.W. 2015. A field guide to the reptiles of Thailand. Oxford University Press, Oxford, UK.

Chanhome, L., Cox, M.J., Vasaruchapong, T., Chaiyabutr, N., Sitprija, V. 2011. Characterization of venomous snakes of Thailand. Asian Biomed. 5: 311–328. doi.org/10.5372/1905-7415.0503.042

Cundall, D., Tuttman, C., Close, M. 2014. A model of the anterior esophagus in snakes, with functional and developmental implications. Anat. Rec. 297: 586–598. doi.org/10.1002/ar.22873

Derrien, M., van Passel, M., van de Bovenkamp, J., Schipper, R., de Vos, W.M., Dekker, J. 2010. Mucin-bacterial interactions in the human oral cavity and digestive tract. Gut Microb. 1: 254–268. doi.org/10.4161/gmic.1.4.12778

Elliott, J.R. 2007. Overview of reptile biology, anatomy, and histology. In: Elliott, J.R. (ed.). Infectious diseases and pathology of reptiles. Taylor & Francis Group, New York, USA, pp. 1–25.

Eroschenko, V.P. 2015. Atlas histology with functional correlations. EGC Medical Publisher, Jakarta, Indonesia.

Gogone, I.C.V.P., de Carvalho, M.P.N., Grego, K.F., Sant'anna, S.S., Hernandez-Blazquez, F.J., Catao-Dias, J.L. 2017. Histology of the gastrointestinal tract from Bothrops jararaca and Crotalus durissus. Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci. 54: 253–263. doi.org/10.11606/issn.1678-4456.v54i3p253-263

Jacobson, E.R. 2007. Infectious diseases and pathology of reptiles: Color atlas and text. CRC Press, Boca Raton, USA.

Jegede, H.O., Sonfada, M.L., Salami, S.O. 2015. Anatomical studies of the gastrointestinal tract of the striped sand snake (Psammophis sibilans). Niger. Vet. J. 36: 1288–1298.

Khamas, W., Reeves, R. 2011. Morphological study of the oesophagus and stomach of the gopher snake Pituophis catenifer. Anat. Histol. Embryol. 40: 307–313. doi.org/10.1111/j.1439-0264.2011.01075.x

Knierim, T.K. 2018. The spatial ecology, habitat use and activity of banded kraits (Bungarus fasciatus) in the Sakaerat biosphere reserve. M.Sc. thesis, Suranaree University of Technology, Thailand.

Liquori, G.E., Scillitani, G., Mastrodonato, M., Ferri, D. 2002. Histochemical investigations on the secretory cells in the oesophagogastric tract of the Eurasian green toad, Bufo viridis. Histochem. J. 34: 517–524. doi.org/10.1023/A:1022438711173

Masyitha, D., Maulidar, L., Zainuddin, Z., Salim, M.N., Aliza, D., Gani, F.A., Rusli, R. 2020. Histology of water snake (Enhydris enhydris) digestive system. E3S Web Conf. 151: 01052. doi.org/10.1051/e3sconf/202015101052

Prawirohartono, S. 1995. Sains biology. Vol. 2A. Bumi Aksara, Jakarta, Indonesia.

Rovira, J., Villaro, A.C., Bodegas, M.E., Valverde, E., Sesma, P. 1993. Structural study of the frog Rana temporaria larval stomach. Tissue Cell 25: 695–707. doi.org/10.1016/0040-8166(93)90043-7

Secor, S.M., Stein, E.D., Diamond, J. 1994. Rapid upregulation of snake intestine in response to feeding: A new model of intestinal adaptation. Am. J. Physiol. 266: 695–705. doi.org/10.1152/ajpgi.1994.266.4.G695

ผลของน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่อสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อเพศผู้ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด

Effect of initial body weight on production performance of broiler chicken raised in open house

สมบัติ ประสงค์สุข*, **ชัยยากร คำสอน**, **ธีรวิทย์ เป่ยคำภา**

Sombat Prasongsook*, Chaiyakorn Khamsorn, Theerawit Poeikhampha

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

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

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อเพศผู้สายพันธุ์ ROSS 308 ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิด ใช้ลูกไก่เนื้อจำนวน 360 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่มตามน้ำหนักตัวเริ่มต้น คือ กลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นสูง (เฉลี่ย 42.98±3.08 กรัม) และกลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำ (เฉลี่ย 33.56±2.22 กรัม) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบค่าทีที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการทดลองพบว่าในระยะเริ่มต้น (1–21 วัน) ไก่กลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นสูงมีน้ำหนักตัว น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และปริมาณอาหารที่กินสะสมสูงกว่ากลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ในขณะที่ค่า cFCR และอัตราการตายไม่แตกต่างกัน ในระยะรุ่น-ขุน (22–39 วัน) สมรรถนะการผลิตส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม แสดงถึงแนวโน้มการเจริญเติบโตชดเชยในกลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำ โดยสรุปน้ำหนักตัวเริ่มต้นที่สูงส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตในระยะต้น แต่ไม่มีผลชัดเจนต่อประสิทธิภาพการผลิตสุดท้ายในระบบโรงเรือนเปิด ซึ่งชี้ให้เห็นบทบาทสำคัญของการจัดการเลี้ยงและโภชนาการตลอดช่วงการเลี้ยง

คำสำคัญ: ไก่เนื้อ, น้ำหนักตัวเริ่มต้น, สมรรถนะการผลิต, โรงเรือนเปิด

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of different initial body weights on production performance of male ROSS 308 broiler chickens reared in an open-house system. A total of 360 chicks were divided into two groups: high initial body weight (42.98±3.08 g) and low initial body weight (33.56±2.22 g), and data were analyzed using Student's t-test at 0.05 significance level. During the starter phase (1–21 d), broilers with higher initial body weight showed highly significant greater body weight, body weight gain, average daily gain, and cumulative feed intake than lighter chicks ($p < 0.01$), whereas feed conversion ratio and mortality were similar. In the grower–finisher phase (22–39 d), most performance traits did not differ significantly, suggesting compensatory growth in the low initial weight group. In conclusion, higher initial body weight improved early growth performance but had minimal impact on overall production efficiency under open-house conditions, highlighting the crucial role of management and nutrition throughout the production period.

Keywords: Broiler chicken, Growth performance, Initial body weight, Open-house system

คำนำ

อุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อเป็นภาคการเกษตรที่สำคัญต่อเศรษฐกิจไทย เนื่องจากสร้างรายได้จากการส่งออกและเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงสำหรับผู้บริโภคภายในประเทศ (กรมปศุสัตว์, 2566) การปรับปรุงพันธุ์ไก่เนื้อเชิงพาณิชย์มุ่งเน้นการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และคุณภาพซากภายใต้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ (Hunton, 2006) ปัจจัยทางชีวภาพตั้งแต่ระยะฟักไข่จนถึงการเลี้ยงในระยะต้นส่งผลต่อศักยภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ โดยเฉพาะน้ำหนักตัวเริ่มต้น (initial body weight) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดคุณภาพลูกไก่หลังฟัก (Tona et al., 2004; Kamran et al., 2008) ลูกไก่ที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นสูงมักมีระบบทางเดินอาหารที่พัฒนาเร็วกว่า ส่งผลให้การดูดซึมสารอาหารดีขึ้นและการเจริญเติบโตเร็วกว่าในช่วง 2 สัปดาห์แรก (Noy and Sklan, 2002; Uni and Ferket, 2004)

อย่างไรก็ตาม ผลของน้ำหนักตัวเริ่มต้นที่แตกต่างกันต่อสมรรถนะการผลิตในระยะปลายยังเป็นประเด็นถกเถียง งานวิจัยบางส่วนรายงานว่าความแตกต่างของน้ำหนักตัวเริ่มต้นจะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการเจริญเติบโตชดเชย (compensatory growth) ภายใต้การจัดการและการให้อาหารที่เหมาะสม (Emmerson, 1997; Toudic et al., 2020) ประเทศไทยบางส่วนยังใช้โรงเรือนระบบเปิดซึ่งมีข้อดีด้านต้นทุนและการระบายอากาศ แต่มีข้อจำกัดในการควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการถ่ายเทอากาศ ซึ่งล้วนส่งผลต่อสมรรถนะการผลิต (Yahav et al., 2004; Lara and Rostagno, 2013) การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของน้ำหนักตัวเริ่มต้นที่แตกต่างกันต่อสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อเพศผู้สายพันธุ์ ROSS 308 ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิด เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการและการพัฒนาการผลิตที่เหมาะสมในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ได้รับอนุญาตให้ใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์จากคณะอนุกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ของคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เลขที่ ACKU66-AGR 016)

สัตว์ทดลองและการจัดการเลี้ยงดู

ใช้ลูกไก่เนื้อเชิงพาณิชย์สายพันธุ์ ROSS 308 เพศผู้ จำนวน 360 ตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามน้ำหนักตัวเริ่มต้น ได้แก่ กลุ่มน้ำหนักตัวสูง (Group 1 ; น้ำหนักเฉลี่ย 42.98 กรัม) และกลุ่มน้ำหนักตัวต่ำ (Group 2 ; น้ำหนักเฉลี่ย 33.56 กรัม) แต่ละกลุ่มมี 6 ซ้ำๆ ละ 30 ตัว รวม 12 คอกทดลอง ไก่ทั้งหมดเลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดที่ใช้พัดลมระบายอากาศในช่วงอายุ 1–10 วัน ทำการกกให้ความอบอุ่นโดยใช้หลอดไส้ขนาด 60 วัตต์ อาหารและน้ำให้แบบ *ad libitum* ตลอดการเลี้ยง 39 วัน โปรแกรมอาหารแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ ระยะเริ่มต้นเฟส 1 (0–10 วัน), ระยะเริ่มต้นเฟส 2 (11–21 วัน), ระยะรุ่น (22–32 วัน) และระยะขุน (33–39 วัน) การทดลองดำเนินการระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน โดยแต่ละระยะมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ยดังนี้ ระยะเริ่มต้นเฟส 1 อุณหภูมิ 32.6 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 76.09%, ระยะเริ่มต้นเฟส 2 อุณหภูมิ 31.85 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 78.30%, ระยะรุ่น อุณหภูมิ 30.94 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 76.18% ระยะขุน อุณหภูมิ 30.72 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 78.14% และตลอดระยะการทดลอง (1–39 วัน) อุณหภูมิ 31.53 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 77.05%

ข้อมูลที่เก็บรวบรวม

สมรรถนะการเจริญเติบโตถูกเก็บข้อมูลโดยชั่งน้ำหนักไก่ตามช่วงการเปลี่ยนอาหาร (10, 21, 32 และ 39 วัน) เพื่อคำนวณพารามิเตอร์ ได้แก่ น้ำหนักตัว (body weight; BW), การเพิ่มน้ำหนักตัว (body weight gain; BWG), ปริมาณ

อาหารที่กินสะสม (accumulation feed intake; AFI), ปริมาณอาหารเฉลี่ยต่อวัน (average daily feed intake; ADFI), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่ปรับแล้ว (corrected feed conversion ratio; cFCR) คำนวณจากอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) x อัตราการเลี้ยงรอด (viability rate), ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (feed cost per gain; FCG) อัตราการตาย (mortality rate) และผลตอบแทนการลงทุน (return on investment; ROI) คำนวณจาก (กำไรสุทธิ / ต้นทุนการลงทุน) x 100% ทั้งนี้กำหนดราคาขายไก่มีชีวิต 35 บาท/กิโลกรัม ราคาลูกไก่แรกเกิดกลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นสูง 15.80 บาท/ตัว และกลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำ14.80 บาท/ตัว

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมถูกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAS (SAS Institute Inc., Cary, USA) เนื่องจากการทดลองนี้รายงานผลแยกตามช่วงอายุจึงใช้การทดสอบค่าที (Student's t-test) ซึ่งเหมาะสมสำหรับ independent samples ตามตามวิธีของ Steel and Torrie (1980) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 ทรีตเมนต์ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ ผลลัพธ์แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) หน่วยทดลอง (experimental unit) คือ คอกทดลองแต่ละคอก

แบบหุ่นจำลองทางสถิติ

แบบหุ่นจำลองทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล (Equation 1):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad (1)$$

โดยที่

Y_{ij} = ค่าสังเกตุจากหน่วยทดลองที่ i ซ้ำที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยรวม (overall mean)

T_i = อิทธิพลของทรีตเมนต์ (treatment effect; i, i= 1 กลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นสูง, I = 2 กลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำ)

e_i = ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม (random error) ซึ่งสมมติว่ามีการแจกแจงแบบปกติและมีความแปรปรวนคงที่

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาในช่วงระยะเริ่มต้นเฟส I (1–10 วัน) แสดงให้เห็นว่าไก่เนื้อที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นสูง (Group 1) มีค่าเฉลี่ยของ BW, BWG, ADG และ AFI รวมถึง ADFI สูงกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำ (Group 2) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.0001$) ในขณะที่ cFCR และ FCG มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดง Table 1

ในช่วงระยะเริ่มต้นเฟส II (11–21 วัน) กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นสูง (Group 1) แสดงค่าเฉลี่ยของ BW สูงกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำ (Group 2) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.0001$) ส่วนค่าเฉลี่ยของ BWG และ ADG ของ Group 1 มีแนวโน้มสูงกว่า Group 2 โดยมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p = 0.05$) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของ AFI, ADFI, cFCR, FCG ของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตราการตายของ Group 1 สูงกว่า Group 2 แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.10$) ดังแสดง Table 2

Table 1 Effect of initial body weight on growth performance at starter I (1–10 days) of male ROS-308 broiler chickens

Item	Group 1	Group 2	*p*-value
Initial BW (g)	42.98±3.08	33.56±2.22	<0.0001
BW (g)	285.85±31.38	224.77±26.58	<0.0001
BWG (g/bird)	242.87±9.08	191.20±3.77	<0.0001
ADG (g/day)	24.29±0.91	19.12±0.38	<0.0001
AFI (g/bird)	274.48±5.68	217.65±8.91	<0.0001
ADFI (g/day)	27.45±0.57	21.77±0.89	<0.0001
cFCR	1.13±0.03	1.14±0.03	0.71
Feed cost (Baht/kg)	15.93	15.93	-
FCG	18.02±0.52	18.13±0.49	0.71
Mortality (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	-

Table 2 Effect of initial body weight on growth performance at starter II (11–21 days) of male ROS-308 broiler chickens

Item	Group 1	Group 2	*p*-value
Initial BW (g)	285.85±31.38	224.77±26.58	<0.0001
BW (g)	1,056.00±132.20	954.65±86.45	<0.0001
BWG (g/bird)	768.77±40.12	728.41±21.09	0.05
ADG (g/day)	69.89±3.65	66.22±1.92	0.05
AFI (g/bird)	905.80±47.75	932.39±105.98	0.59
ADFI (g/day)	82.34±4.34	84.76±9.64	0.59
cFCR	1.21±0.04	1.28±0.13	0.23
Feed cost (Baht/kg)	15.93	15.93	-
FCG (Baht/kg)	19.21±0.68	20.39±2.14	0.25
Mortality (%)	2.22±2.72	0.00±0.00	0.10

เมื่อพิจารณาสมรรถภาพการผลิตรวมในช่วงระยะเริ่มต้น (1–21 วัน) พบว่า Group 1 มีค่าเฉลี่ยของ BW, BWG และ ADG สูงกว่า Group 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.001$) อย่างไรก็ตาม AFI, ADFI, cFCR, FCG และอัตราการตายของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดง Table 3

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักตัวเริ่มต้นส่งผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในระยะเริ่มต้น โดยลูกไก่เนื้อที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นสูงมีค่าเฉลี่ยของ BW, BWG และ ADG สูงกว่ากลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ในช่วงอายุ 1–21 วัน (Table 1–3)

Table 3 Effect of initial body weight on growth performance at starter (1–21 days) of male ROS-308 broiler chickens

Item	Group 1	Group 2	*p*-value
Initial BW (g)	42.98±3.08	33.56±2.22	<0.0001
BW (g)	1,056.00±132.20	954.65±86.45	<0.0001
BWG (g/bird)	1,013.00±45.76	920.72±22.55	0.001
ADG (g/day)	48.24±2.18	43.85±1.07	0.001
AFI (g/bird)	1,180.30±51.01	1,150.00±104.42	0.54
ADFI (g/day)	56.21±2.43	54.77±4.97	0.54
cFCR	1.19±0.03	1.25±0.10	0.24
Feed cost (Baht/kg)	15.93	15.93	-
FCG (Baht/kg)	19.00±0.55	19.89±1.63	0.23
Mortality (%)	2.22±2.72	0.00±0.00	0.10

ในช่วงระยะรุ่น (22–32 วัน) BW เมื่อสิ้นสุดช่วงของ Group 1 (1,971.10 กรัม) ยังคงสูงกว่า Group 2 (1,903.40 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.02$) อย่างไรก็ตาม BWG และ ADG ของ Group 2 สูงกว่า Group 1 แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.32$) นอกจากนี้ AFI, ADFI, cFCR, FCG และอัตราการตาย (mortality) ของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดง Table 4

Table 4 Effect of initial body weight on growth performance at grower (22–32 days) of male ROS-308 broiler chickens

Item	Group 1	Group 2	*p*-value
Initial BW (g)	1,056.00±132.20	954.65±86.45	<0.0001
BW (g)	1,971.10±308.16	1,903.40±189.70	0.02
BWG (g/bird)	908.54±68.36	948.14±62.57	0.32
ADG (g/day)	90.86±6.84	94.81±6.26	0.32
AFI (g/bird)	1,555.60±76.42	1,561.20±87.76	0.91
ADFI (g/day)	155.56±7.64	156.12±8.78	0.91
cFCR	1.75±0.12	1.67±0.17	0.33
Feed cost (Baht/kg)	15.37	15.37	-
FCG (Baht/kg)	26.93±1.88	25.58±2.60	0.33
Mortality (%)	1.85±4.54	0.60±1.46	0.54

ในช่วงระยะขุน (33–39 วัน) Group 2 มีค่าเฉลี่ยของ BW, BWG, ADG, AFI และ ADFI สูงกว่า Group 1 แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะเดียวกัน cFCR, และ FCG ของ Group 2 มีแนวโน้มดีกว่า (ต่ำกว่า) Group 1 แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดง Table 5

สมรรถภาพการเจริญเติบโตในช่วงระยะรุ่น–ขุน (22–39 วัน, Table 4–5) แสดงให้เห็นว่า Group 2 ค่าเฉลี่ยของ BWG, ADG, AFI, ADFI, cFCR และ FCG มีแนวโน้มดีกว่า Group 1 แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าเฉลี่ยของ BW สุดท้ายของ Group 2 สูงกว่า Group 1 เล็กน้อยแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.72$)

Table 5 Effect of initial body weight on growth performance at finisher (33–39 days) of male ROS-308 broiler chickens

Item	Group 1	Group 2	*p*-value
Initial BW (g)	1,971.10±308.16	1,903.40±189.70	0.02
BW (g)	2,545.30±347.16	2,557.60±260.00	0.72
BWG (g/bird)	556.06±87.04	640.67±111.78	0.17
ADG (g/day)	79.44±12.43	91.52±15.97	0.17
AFI (g/bird)	1,148.10±132.04	1,218.40±99.15	0.32
ADFI (g/day)	164.01±18.86	174.06±14.16	0.32
cFCR	2.12±0.18	1.96±0.25	0.22
Feed cost (Baht/kg)	15.370	15.37	-
FCG (Baht/kg)	32.58±2.77	30.10±3.79	0.22
Mortality (%)	1.74±2.90	1.19±2.92	0.75

ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของน้ำหนักตัวเริ่มต้นส่งผลจำกัดเฉพาะในระยะต้นของการเลี้ยงเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Emmerson (1997) และ Kamran et al. (2008) พบว่าความแตกต่างของน้ำหนักตัวเริ่มต้นส่งผลชัดเจนต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโตในช่วงแรก แต่ความแตกต่างดังกล่าวจะลดน้อยลงจนมีค่าใกล้เคียงกันเมื่ออายุของไก่เนื้อเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการเจริญเติบโตชดเชย (compensatory growth) ในกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำ

Table 6 Effect of initial body weight on growth performance at starter-finisher (1–39 days) of male ROS-308 broiler chickens

Item	Group 1	Group 2	*p*-value
Initial BW (g)	42.98±3.08	33.56±2.22	<0.0001
BW (g)	2,545.30±347.16	2,557.60±260.00	0.72
BWG (g/bird)	2,504.20±179.08	2,517.10±149.29	0.89
ADG (g/day)	64.21±4.59	64.54±3.83	0.89
AFI (g/bird)	3,883.90±211.10	3,929.70±137.85	0.67
ADFI (g/day)	99.59±5.41	100.76±3.54	0.67
cFCR	1.65±0.05	1.60±0.14	0.39
Feed cost (Baht/kg)	15.54	15.53	-
FCG (Baht/kg)	25.65±0.84	24.80±2.17	0.40
ROI (%)	9.93±4.06	14.89±8.77	0.24
Mortality (%)	5.82±3.77	1.79±2.99	0.07

เมื่อพิจารณาตลอดช่วงการทดลอง 1–39 วัน (Table 6) พบว่า BW เมื่อสิ้นสุด, BWG, ADG, AFI, ADFI, cFCR, FCG และ ROI ของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามอัตราการตายของ Group 1 มีแนวโน้ม ($p = 0.07$) สูงกว่า Group 2

ในเชิงสรีรวิทยาความแตกต่างของน้ำหนักตัวเริ่มต้นอาจสัมพันธ์กับการพัฒนาอวัยวะย่อยอาหารและเอนไซม์ในช่วงต้น ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการย่อยและดูดซึมสารอาหารในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต แต่ผลดังกล่าวจะลดลงเมื่อระบบทางเดินอาหารพัฒนาเต็มที่ในช่วงอายุหลัง 3 สัปดาห์ (Nir et al., 1993; Sklan, 2001) นอกจากนี้ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในโรงเรือนระบบเปิด เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความหนาแน่นของการเลี้ยง ล้วนส่งผลต่อการแสดงออกของสมรรถนะการเจริญเติบโตมากกว่าปัจจัยของน้ำหนักตัวเริ่มต้น (Yahav et al., 2004; Lara and Tostagno, 2013; Goo et al., 2019) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในระยะปลายของการเลี้ยง

ในโรงเรือนระบบเปิด สภาพแวดล้อมภายในได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่บันทึกตลอดการทดลอง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กลุ่มน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำ (Group 2) สามารถชดเชยการเจริญเติบโตได้ในระยะรุ่น–ขุน (22–39 วัน) ความชื้นสัมพัทธ์ที่มีความผันผวนสูงในช่วงนี้อาจส่งผลต่อการกินอาหารและการระบายความร้อนของไก่ ด้วยเหตุที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง (> 70%) มักลด ADG และเพิ่มความร้อนเครียด (heat stress) ตามที่ Yahav et al. (2004) และ Lara and Rostagno (2013) รายงาน อย่างไรก็ตาม การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในระบบเปิดอาจช่วยลดผลกระทบนี้ ทำให้ Group 2 มี BWG, ADG และ cFCR ที่ใกล้เคียง Group 1 ในระยะท้ายของการทดลอง ($p > 0.05$) ในเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า การเริ่มต้นด้วยลูกไก่ที่มีน้ำหนักตัวสูงช่วยลดความเสี่ยงของการสูญเสียช่วงต้น แต่ไม่ได้ให้ผลตอบแทนสุทธิที่แตกต่างชัดเจนเมื่อคำนวณต้นทุนอาหารต่อการผลิตน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (FCG) หรือผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ดังนี้ การคัดเลือกเฉพาะลูกไก่น้ำหนักตัวเริ่มต้นสูงอาจไม่จำเป็นหากมีการจัดการคุณภาพลูกไก่และสิ่งแวดล้อมที่ดีภายในโรงเรือน (van der Klein et al., 2017)

สรุป

น้ำหนักตัวเริ่มต้นของลูกไก่นี้อส่งผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในระยะเริ่มต้นของการเลี้ยง โดยลูกไก่ที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นสูง แสดงการเพิ่มน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าในช่วงอายุ 1–21 วัน แต่ไม่แตกต่างจากลูกไก่น้ำหนักตัวเริ่มต้นต่ำในระยะปลายของการเลี้ยง การจัดการคุณภาพลูกไก่เริ่มต้นและสภาพแวดล้อมในโรงเรือนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมมากกว่าการคัดเลือกเฉพาะลูกไก่น้ำหนักตัวเริ่มต้นสูง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก บริษัท เอฟเวอร์ไซน์นิ่ง อินเกรเดียน จำกัด

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2566. รายงานสถานการณ์การผลิตสัตว์ปีกของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Emmerson, D.A. 1997. Commercial approaches to genetic selection for growth and feed conversion in domestic poultry. Poult. Sci. 76: 1121–1125. doi.org/10.1093/ps/76.8.1121

Goo, D., Kim, J.H., Park, G.H., Delos Reyes, J.B., Kil, D.Y. 2019. Effect of heat stress and stocking density on growth performance, breast meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. Animals 9: 107. doi.org/10.3390/ani9030107

Hunton, P. 2006. Poultry genetics, breeding and biotechnology. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Nadeem, M.A. 2008. Effect of starter weight and feeding regime on broiler performance. Poult. Sci. 87: 1682–1688. doi.org/10.3382/ps.2008-00144

Lara, L.J., Rostagno, M.H. 2013. Impact of heat stress on poultry production. Animals 3: 356–369. doi.org/10.3390/ani3020356

Nir, I., Nitsan, Z., Mahagna, M. 1993. Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. Br. Poult. Sci. 34: 523–532. doi.org/10.1080/00071669308417599

Noy, Y., Sklan, D. 2002. Nutrient use in chicks during the first week post hatch. Poult. Sci. 81: 391–399. doi.org/10.1093/ps/81.3.391]

Sklan, D. 2001. Development of the digestive tract of poultry. Worlds Poult. Sci. J. 57: 415–428. doi.org/10.1079/WPS20010030

Steel, R.G.D., Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd ed. McGraw-Hill, New York, USA.

Tona, K., Onagbesan, O., Bruggeman, V., Decuypere, E. 2004. Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and post hatch growth. Poult. Sci. 83: 736–743. doi.org/10.1093/ps/83.5.736

Toudic, C., Castaing, J., Lessire, M. 2020. Effect of initial body weight on growth performance and carcass characteristics in broilers. Poult. Sci. 99: 1905–1914. doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.0

Uni, Z., Ferket, P.R. 2004. Methods for early nutrition and their potential. Worlds Poult. Sci. J. 60: 101–111. doi.org/10.1079/WPS20037

Van der Klein, S.A.S., Silva, F.A., Kwakkel, R.P., Zuidhof, M.J. 2017. The effect of chick and prelay feeding programs on reproductive efficiency in broiler breeders. Poult. Sci. 96: 2691–2698. doi.org/10.3382/ps/pex073

Yahav, S., Straschnow, A., Luger, D., Shinder, D., Tanny, J., Cohen, S. 2004. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. Poult. Sci. 83: 253–258. doi.org/10.1093/ps/83.2.253

ผลของการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมในอาหาร ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากในไก่เนื้อ

Effect of multiprotease enzymes supplementation in diet on growth performance and carcass quality of broiler chieckens

อัญชลี บวดขุนทด, สมบัติ ประสงค์สุข, ธีรวิทย์ เปยคำภา*

Anchalee Buadkhunthod, Sombat Prasongsook, Theerawit Poeikhampha*

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

*Corresponding author. E–mail address: agrtrw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากในไก่เนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อเพศผู้สายพันธุ์ Ross 308 อายุ 1 วัน จำนวน 630 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 6 ซ้ำๆ ละ 35 ตัว อาหารทดลอง 3 กลุ่ม คือ อาหารที่มีพลังงาน โปรตีนและกรดอะมิโนระดับปกติ (PC) อาหารที่ลดพลังงาน 43 kcal ลดโปรตีน 0.83% และลดกรดอะมิโน 4.0% (NC) และอาหารที่ลดพลังงาน 43 kcal ลดโปรตีน 0.83% และลดกรดอะมิโน 4.0% แล้วเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวม 0.05% (NCMP) จากผลทดลองพบว่าที่อายุ 35 วัน กลุ่ม NCMP มีน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับกลุ่ม PC และดีกว่ากลุ่ม NC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คุณภาพซากพบว่าน้ำหนักมีชีวิตและเนื้อหน้าอกของกลุ่ม NCMP สูงกว่ากลุ่ม NC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และใกล้เคียงกับกลุ่ม PC ดังนั้น การเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานและโปรตีนในอาหาร ส่งผลดีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและลักษณะเนื้อหน้าอก โดยไม่ส่งผลเสียต่อลักษณะคุณภาพซากอื่นๆ ในไก่เนื้อ

คำสำคัญ: ไก่เนื้อ, คุณภาพซาก, โปรติเอสรวม, สมรรถภาพการเจริญเติบโต

Abstract

This study investigated the effect of multiprotease enzyme supplementation in diets on growth performance and carcass quality of broiler chickens. A total of 630 one-day-old Ross 308 male broiler chickens were divided into 3 groups, each consisting of 6 replicates with 35 chickens per replicate. The three experimental diets consisted of a diet with normal levels of energy (apparent metabolizable energy; AME), protein and amino acid requirements (PC). Diet reduced in energy (AME) by 43 kcal, protein by 0.83% and amino acid 0.4% (NC) and NC supplemented with 0.05% multiprotease enzyme (NCMP). The results showed that at 35 days of age, The NCMP had body weight, average daily gain, and feed conversion ratio comparable to the PC and significantly better than the NC ($p < 0.05$). While carcass quality showed that live weight and breast meat yield in the NCMP group were significantly higher than in the NC ($p < 0.05$) and comparable to the PC. Therefore, the multiprotease enzymes supplementation enhanced the utilization efficiency of energy and protein in the diet, improving growth performance and breast meat traits without negatively affecting other carcass quality in broiler chickens.

Keywords: Broiler, Carcass quality, Growth performance, Multiprotease

คำนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เนื้อเป็นหนึ่งในการผลิตโปรตีนจากสัตว์ที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบเศรษฐกิจทั้งในระดับประเทศและระดับโลก เนื่องจากเนื้อไก่เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี ราคาถูก และยังมีความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การผลิตไก่เนื้อเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นที่การเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากควบคู่ไปกับการลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนค่าอาหาร ซึ่งต้นทุนค่าอาหารคิดเป็นร้อยละ 60–70 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (Thirumalaisamy et al., 2016) โดยในอาหารประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก เช่น ข้าวโพด กากถั่วเหลือง เป็นต้น ทั้งนี้วัตถุดิบดังกล่าวยังมีราคาที่สูงและมีความผันผวนทางตลาด ส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้น แนวทางการลดต้นทุนจึงมีการเลือกใช้วัตถุดิบทางเลือก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์จากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมการเกษตรเข้ามาทดแทน อย่างไรก็ตามวัตถุดิบเหล่านี้มักมีโครงสร้างโปรตีนที่ย่อยยาก และมีสารต้านโภชนะ (Anti-nutritional factor) เช่น Trypsin inhibitor ซึ่งขัดขวางการย่อยและดูดซึมโปรตีนหรือกรดอะมิโนในไก่เนื้อ ทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตลดลง

หนึ่งในแนวทางการแก้ปัญหาการย่อยโปรตีนจากวัตถุดิบหลักหรือวัตถุดิบทางเลือกที่ไม่สมบูรณ์ คือ การเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวม (Multiprotease; MP) เป็นเอนไซม์ที่ประกอบด้วยโปรติเอสหลายชนิดซึ่งมีแหล่งที่มาและช่วง pH ที่เหมาะสมแตกต่างกัน ทำให้สามารถเร่งการย่อยพันธะเปปไทด์ของโปรตีนจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้อย่างต่อเนื่องตลอดทางเดินอาหารของไก่เนื้อ ส่งผลให้โปรตีนแตกตัวเป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์ขนาดเล็ก นำมาซึ่งการดูดซึมกรดอะมิโนดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในลำไส้ส่วนปลาย และลดแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารได้ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์สารอาหารนี้จึงเป็นกลยุทธ์สำคัญเชิงเศรษฐกิจและการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนและลดการขับถ่ายออกสู่สิ่งแวดล้อม (Lee et al., 2018; Park et al., 2020) จากงานวิจัยของ Wealleans et al. (2024) รายงานว่า การเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมที่ระดับ 0.03% ในอาหารที่ลดระดับโปรตีนสามารถฟื้นฟูประสิทธิภาพการใช้อาหาร เพิ่มน้ำหนักซาก และปรับปรุงโครงสร้างลำไส้ของไก่เนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการไม่เสริมเอนไซม์หรือการใช้โปรติเอสชนิดเดี่ยว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cho et al. (2020) ที่พบว่าการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมในอาหารระดับต่างกันที่ 0.015% และ 0.03% ช่วยเพิ่มน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และเพิ่มน้ำหนักซาก ในขณะที่งานวิจัยของ Radhi et al. (2023) พบว่าการเสริมเอนไซม์โปรติเอสที่ระดับ 0.01% ในอาหารไม่ได้ส่งผลเชิงบวกต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และน้ำหนักอวัยวะของไก่ จึงเห็นได้ว่าการศึกษาผลของเอนไซม์โปรติเอสรวม ยังมีจำกัดและการรายงานผลที่ไม่สอดคล้องกัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเพิ่มเติมการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากในไก่เนื้อ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตไก่เนื้อเชิงพาณิชย์อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ได้รับอนุญาตให้ใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์จากคณะอนุกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ของคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เลขที่ ACKU64–AGR–015)

สัตว์ทดลองและการจัดการ

การทดลอง ใช้ไก่เนื้อเพศผู้สายพันธุ์ Ross 308 ที่อายุ 1 วัน จำนวน 630 ตัว ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ที่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 35 ตัว ไก่เนื้อถูกเลี้ยงในโรงเรือน

ระบบปิด มีการควบคุมสภาพแวดล้อมด้วยระบบทำความเย็นแบบระเหยไอน้ำ (evaporative cooling system; EVAP) และการระบายอากาศแบบอุโมงค์ลม ใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้น ใช้ระบบให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (nipple) ได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*Ad libitum*) ตลอดการทดลอง ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 35 วัน และที่อายุ 10 วัน ไก่เนื้อทุกตัวได้รับวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล และโรคหลอดลมอักเสบ

อาหารทดลอง

อาหารทดลองคำนวณสูตรอาหารให้มีองค์ประกอบและปริมาณโภชนะที่ปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมตามช่วงระยะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ 3 ระยะ คือ ไก่เนื้อระยะเล็ก (starter; อายุ 1–10 วัน) ไก่เนื้อระยะรุ่น (grower; อายุ 11–24 วัน) และระยะขุน (finisher; อายุ 25–35 วัน) ไก่เนื้อได้รับอาหารทดลองในรูปอาหารอัดเม็ดแต่ในช่วงระยะเล็กจะเป็นอาหารแบบเกล็ด โดยไก่แต่ละกลุ่มจะได้รับการสุ่มให้ได้รับอาหารทดลองที่แตกต่างกัน 3 สูตร (Table 1) สูตรที่ 1 อาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (AME) และโปรตีนในระดับปกติ (positive control; PC) สูตรที่ 2 อาหารที่ลด AME 43 kcal ลดโปรตีน 0.83% และลดกรดอะมิโน 4.0% (negative control; NC) สูตรที่ 3 อาหารที่ลด AME 43 kcal ลดโปรตีน 0.83% และลดกรดอะมิโน 4.0% แล้วเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวม 0.05% (negative control with multiprotease; NCMP)

การบันทึกข้อมูลสมรรถภาพการเจริญเติบโต

การบันทึกผลการทดลองแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ไก่เนื้อระยะเล็ก ระยะรุ่นและระยะขุน ตามลำดับ บันทึกน้ำหนักไก่ทดลองโดยชั่งน้ำหนักตัวที่อายุ 1, 10, 24 และ 35 วัน บันทึกปริมาณอาหารที่ให้ ปริมาณอาหารที่เหลือ เพื่อใช้คำนวณปริมาณอาหารที่กินของแต่ละซ้ำ บันทึกจำนวนไก่ตายรายวัน บันทึกน้ำหนักตัวแบบรายตัว (body weight; BW) คำนวณน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (body weight gain; BWG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain; ADG) ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (average daily feed intake; ADFI) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio; FCR) และอัตราการตาย (mortality) และคำนวณต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (feed cost per gain; FCG)

การบันทึกข้อมูลคุณภาพซาก

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 35 วัน สุ่มไก่จำนวน 2 ตัวต่อซ้ำ ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงค่าเฉลี่ยของซ้ำ โดยใช้ไก่ทั้งหมด 36 ตัว จากนั้นทำให้สลบด้วยการรมควันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนทำการการุณยฆาตเพื่อชำแหละชิ้นส่วนและคำนวณเปอร์เซ็นต์ซาก โดยบันทึกข้อมูลดังนี้ น้ำหนักมีชีวิต (live weight) น้ำหนักหลังเชือด (slaughter weight) น้ำหนักซาก (carcass weight) เนื้ออกหน้าอก (breast meat) สันใน (fillet) น่อง (drum stick) สะโพก (thigh) ปีก (wings) และไขมันช่องท้อง (abdominal fat)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of varian; ANOVA) ตามแผนการทดลอง (Completely Randomized Design; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยวิธี Ducan's Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ p-value < 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS® On Demand for Academics (SAS Institute Inc., Cary, Nort Carolina, United States

Table 1 Ingredient composition (%) and nutrient values of the experimental diets

Ingredient	Starter			Grower			Finisher		
	PC	NC	NCMP	PC	NC	NCMP	PC	NC	NCMP
Corn	20.27	23.74	23.72	15.02	18.49	18.48	21.42	24.89	24.88
Cassava	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Wheat	10.00	10.00	10.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Soybean oil	5.30	4.09	4.08	6.19	4.98	4.96	5.13	3.90	3.89
Soybean meal 48% CP	36.63	34.38	34.36	30.57	28.29	28.29	24.63	22.39	22.36
Rape seed	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00
Pork meal 50% CP	1.50	1.50	1.50	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
L–Lysine	0.28	0.28	0.28	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
DL–Methionine	0.42	0.39	0.39	0.36	0.33	0.33	0.32	0.29	0.29
L–Threonine	0.15	0.14	0.14	0.12	0.12	0.12	0.09	0.09	0.09
MDCP 21%	1.75	1.76	1.76	1.16	1.16	1.16	0.93	0.94	0.94
Calcium carbonate	0.90	0.91	0.91	0.57	0.59	0.59	0.48	0.49	0.49
Salt	0.27	0.28	0.28	0.26	0.28	0.27	0.27	0.28	0.28
Choline chloride 60%	0.28	0.28	0.28	0.27	0.28	0.27	0.25	0.25	0.25
Premix[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Multiprotease enzyme[2]	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Nutrient values									
ME. For Poultry (kcal/kg)	3,000	2,957	2,957	3,100	3,057	3,057	3,100	3,057	3,057
Protein (%)	23.00	22.17	22.17	21.50	20.67	20.67	19.50	18.67	18.67
Fat (%)	6.86	5.76	5.76	7.84	6.74	6.74	5.86	5.86	5.86
Fiber (%)	3.92	3.87	3.87	3.67	3.62	3.62	3.55	3.56	3.56
Calcium (%)	0.96	0.96	0.96	0.87	0.87	0.87	0.79	0.79	0.79
Total. Phosphorus (%)	0.82	0.81	0.81	0.74	0.74	0.74	0.67	0.67	0.67
Avail. P for poultry (%)	0.48	0.48	0.48	0.44	0.44	0.44	0.40	0.40	0.40
Salt (%)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Lysine (%)	1.44	1.38	1.38	1.29	1.23	1.23	1.16	1.10	1.10
Methionine+Cystine (%)	1.08	1.03	1.03	0.99	0.94	0.94	0.91	0.86	0.86
Methionine (%)	0.73	0.70	0.70	0.66	0.62	0.62	0.58	0.56	0.56
Threonine (%)	0.97	0.94	0.94	0.88	0.85	0.85	0.78	0.75	0.75
Tryptophan (%)	0.28	0.27	0.27	0.25	0.24	0.24	0.23	0.21	0.21
Choline (mg/kg)	1,700	1,700	1,700	1,600	1,600	1,600	1,500	1,500	1,500

[1] Provided per kg of complete diet: 20 mg of Fe, 2 mg of Co, 120 mg of Mn, 15 mg Cu, 100 mg of Zn, 1.25 mg of I and 0.30 mg of Se. 9000 IU of vitamin A, 3000 IU of vitamin D3, 30 mg of vitamin E, 1.18 mg of vitamin B1, 6.25 mg of vitamin B2, 3 mg of B6, 0.03 mg of vitamin B12, 0.125 mg of Biotin, 10 mg of Pantothenic acid, 1.5 mg of Folic acid and 45 mg of Niacin

[2] Multiprotease enzyme consists of several types of protease enzymes that work, including acid protease, neutral protease and alkaline protease, the product does not specify the exact quantities.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

ผลการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ แสดงผลใน Table 2 ช่วงไก่เนื้ออายุ 1–10 วัน พบว่าน้ำหนักตัว (BW) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (ADFI) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (FCG) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมยังไม่ส่งผลชัดเจนในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยง เนื่องจากระบบทางเดินอาหารและการหลั่งเอนไซม์ย่อยภายในของลูกไก่ยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ภายนอกที่เสริมเข้าไปถูกจำกัด (Leibholz, 1984; Krogdahl and Sell, 1988) อย่างไรก็ตามในช่วงอายุ 11–24 วัน และ 25–35 วัน พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่ม NCMP มีค่า BW และ ADG สูงกว่ากลุ่ม NC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่ม PC ขณะที่ค่า FCR ของกลุ่ม NCMP มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม NC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และไม่แตกต่างกับกลุ่ม PC ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่า ADFI ระหว่างกลุ่มทดลองในทุกช่วงอายุ แสดงให้เห็นว่าการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารมากกว่าการกระตุ้นการกินอาหาร ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Mahmood et al. (2017) ที่รายงานว่าเอนไซม์โปรติเอสสามารถเพิ่มการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโน ลดการสูญเสียในโตรเจน และปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของไก่เนื้อได้ ส่วนค่า FCG ช่วง 11–24 วัน ของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน เริ่มมีความแตกต่างกันในช่วงท้ายของการเลี้ยงที่ 25–35 วัน พบว่ากลุ่ม NCMP มีค่า FCG ต่ำกว่ากลุ่ม PC และ NC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมช่วงอายุ 1–35 วัน พบว่าอัตราการตายไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในขณะที่สมรรถภาพการเจริญเติบโตประกอบด้วย BW, ADG และ FCR ของกลุ่ม NCMP ไม่แตกต่างกับกลุ่ม PC และมีค่าสูงกว่ากลุ่ม NC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมสามารถชดเชยการลดระดับพลังงานใช้ประโยขน์ได้โปรตีน และกรดอะมิโนในสูตรอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ส่งผลเสียต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cho et al. (2020) ที่เสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมในอาหาร พบว่าช่วยเพิ่มน้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการใช้อาหาร จากงานวิจัยของ Cowieson et al. (2019) รายงานว่าการเสริมเอนไซม์โปรติเอสส่งผลให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตดีขึ้น โดยช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน และปรับปรุงประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมเอนไซม์ ทั้งนี้ปริมาณอาหารที่กินได้ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง แสดงให้เห็นว่าการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตเกิดจากการใช้ประโยชน์สารอาหารที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนค่า FCG พบว่าในกลุ่ม NCMP มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม PC และ NC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับงานทดลองของ มนัธยา และคณะ, (2019) ที่เสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารโปรตีนทางเลือกกากเรปซีด ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ FCG ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ

ดังนั้นการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมช่วยเพิ่มการย่อยได้และการนำกรดอะมิโนไปใช้ในร่างกาย ส่งผลให้ไก่เนื้อสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้นพร้อมทั้งสามารถลดระดับโปรตีน พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และกรดอมิโนในอาหาร ซึ่งมีศักยภาพในการลดต้นทุนอาหารสัตว์และเพิ่มสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อโดยรวม

Table 2 Effect of Multiprotease enzymes supplementation in diets on growth performance of broiler chickens

Item	PC	NC	NCMP	*p*-value
Starter (1–10 days)				
BW (g)	312.11±5.07	304.77±8.08	304.94±6.70	0.13
ADG (g/day)	27.41±0.50	26.67±0.78	26.69±0.67	0.12
ADFI (g/day)	28.14±0.60	29.00±0.96	28.27±2.13	0.53
FCR	1.03±0.01	1.09±0.04	1.06±0.06	0.09
Feed cost (Baht/kg)	18.73	18.03	18.18	
FCG	19.23±0.13	19.81±0.90	19.24±1.16	0.42
Mortality (%)	0.00±0.00	0.95±1.48	0.00±0.00	0.12
Grower (11–24 days)				
BW (g)	1,370.01±30.02^{a}	1,309.60±24.27^{b}	1,374.00±20.57^{a}	<0.05
ADG (g/day)	75.56±1.81^{a}	71.77±1.50^{b}	76.36±1.73^{a}	<0.05
ADFI (g/day)	96.31±1.94	96.44±2.69	98.49±2.55	0.25
FCR	1.27±0.02^{b}	1.34±0.03^{a}	1.29±0.04^{b}	<0.05
Feed cost (Baht/kg)	17.89	17.19	17.34	
FCG	22.80±0.31	23.22±0.73	22.47±0.50	0.09
Mortality (%)	0.00±0.00	0.49±1.20	0.48±1.17	0.62
Finisher (25–35 days)				
BW (g)	2,593.80±30.02^{a}	2,466.21±24.27^{b}	2,637.17±20.57^{a}	<0.05
ADG (g/day)	111.25±4.37^{a}	105.16±2.53^{b}	114.83±1.51^{a}	<0.05
ADFI (g/day)	173.01±4.14	170.80±4.87	176.33±4.46	0.135
FCR	1.56±0.05^{b}	1.62±0.04^{a}	1.54±0.05^{b}	<0.05
Feed cost (Baht/kg)	16.85	16.15	16.30	
FCG	26.35±0.76^{a}	26.49±0.54^{a}	25.03±0.81^{b}	<0.05
Mortality (%)	0.48±1.17	0.95±1.48	0.00±0.00	0.342
Overall (1–35 days)				
BW (g)	2,593.80±59.60^{a}	2,466.08±47.07^{b}	2,637.17±33.35^{a}	<0.05
ADG (g/day)	73.02±1.70^{a}	69.38±1.34^{b}	74.26±0.95^{a}	<0.05
ADFI (g/day)	100.94±1.95	100.54±1.80	102.89±2.40	0.143
FCR	1.38±0.02^{b}	1.45±0.02^{a}	1.39±0.04^{b}	<0.05
Feed cost (Baht/kg)	17.39	16.71	16.84	
FCG	24.17±0.43^{a}	24.82±0.62^{a}	23.45±0.56^{b}	<0.05
Mortality (%)	0.48±1.17	2.39±2.18	0.48±1.17	0.082

$^{a, b}$ Means within the same row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

คุณภาพซากของไก่เนื้อ

การเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมในอาหารไก่เนื้อส่งผลต่อคุณภาพซาก ดังแสดงผลใน Table 3 พบว่า น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักหลังเชือด และชิ้นส่วนเนื้อหน้าอก กลุ่ม NCMP มีค่าสูงกว่ากลุ่ม NC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่ม PC สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cho et al. (2020); Wealleans et al. (2024) ที่รายงานว่าน้ำหนักซากและสัดส่วนของเนื้อหน้าอกเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่เสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ซาก (Carcass yield) และสัดส่วนชิ้นส่วนหลัก ได้แก่ ปีก สันใน น่อง และสะโพก ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ($p > 0.05$) ผลดังกล่าวอาจบ่งชี้ว่าการเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมส่งผลต่อการเพิ่มมวลเนื้อเยื่อโดยรวมมากกว่าการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโครงสร้างซาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Duque-Ramírez et al. (2023) ที่ไม่พบความแตกต่างของผลผลิตซากรวม และสัดส่วนชิ้นส่วนหลักได้แก่ อก น่อง ปีก สะโพก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการลดระดับโปรตีนร่วมกับการเสริมเอนไซม์โปรติเอสไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างซากหลัก สำหรับสัดส่วนไขมันช่องท้อง พบว่า กลุ่ม NC มีค่าสูงกว่ากลุ่ม PC และ NCMP โดยกลุ่มที่เสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมมีแนวโน้ม ($p = 0.07$) ลดการสะสมไขมัน แนวโน้มดังกล่าวอาจสะท้อนถึงการปรับทิศทางการใช้พลังงานจากการสะสมไขมันไปสู่การสร้างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลจากการใช้ประโยชน์โปรตีนและไนโตรเจนที่ดีขึ้นเมื่อเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวม สอดคล้องกับ Cowieson et al. (2019) ที่รายงานว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนสามารถช่วยลดการสะสมไขมันและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในสัตว์ปีก

Table 3 Effect of Multiprotease enzymes supplementation in diets on carcass quality of broiler chickens

	PC	NC	NCMP	*p*-value
Live weight (g)	2,541.75±66.76[a]	2,368.92±72.64[b]	2,545.58±73.64[a]	<0.05
Slaughter weight (g)	2,397.42±71.47[a]	2,226.50±72.83[b]	2,385.58±71.34[a]	<0.05
Carcass yield (%)	85.11±1.34	84.92±0.94	83.94±2.24	0.18
Wing (%)	8.94±0.51	8.92±0.45	8.97±0.38	0.97
Fillet (%)	4.86±0.47	4.64±0.46	4.94±0.35	0.22
Outer-breast (%)	27.09±1.22[a]	25.42±1.35[b]	26.97±1.26[a]	<0.05
Drumstick (%)	11.36±0.77	11.34±0.64	11.41±0.56	0.96
Thigh (%)	16.00±0.72	16.00±0.92	15.96±0.70	0.99
Abdominal fat (%)	1.27±0.27	1.60±0.35	1.47±0.40	0.07

[a, b] Means within the same row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

สรุป

การเสริมเอนไซม์โปรติเอสรวมในสูตรอาหารไก่เนื้อมีศักยภาพในการเพิ่มสมรรถการผลิตและคุณภาพซาก โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับสูตรอาหารที่ลดระดับโปรตีน พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และกรดอะมิโน สามารถช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเทียบเท่ากับกลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ ช่วยปรับปรุงคุณภาพซากให้ดีขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของเนื้อหน้าอก และยังสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกสถานที่เลี้ยง และอุปกรณ์การเลี้ยงสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

มนัธยา แต่ลิบฮง เสกสม อาตมางกูร และยุวเรศ เรืองพานิช. 2019. ผลการใช้วัตถุดิบโปรตีนทางเลือกร่วมกับการเสริมเอนไซม์โปรติเอสในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและค่าการย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายในไก่เนื้อ. สัตวแพทย์มหานครสาร. 14: 93–104

Cho, H.M., Hong, J.S., Kim, Y.B., et al. 2020. Responses in growth performance and nutrient digestibility to a multi-protease supplementation in amino acid-deficient broiler diets. Anim. Sci. Technol. 62: 840. doi.org/10.5187/jast.2020.62.6.840

Cowieson, A.J., Toghyani, M., Kheravii, S.K., Wu, S.B., Romero, L.F., Choct, M. 2019. A mono-component microbial protease improves performance, net energy, and digestibility of amino acids and starch, and upregulates jejunal expression of genes responsible for peptide transport in broilers fed corn/wheat-based diets supplemented with xylanase and phytase. Poult. Sci. 98: 1321–1332. doi.org/10.3382/ps/pey470

Duque-Ramírez, C.F., Javierre, J.A., Peñuela-Sierra, L.M., Diaz-Vargas, M. 2023. Effect of exogenous protease on performance, nutrient digestibility, intestinal histomorphometric, meat quality characteristics, carcass yield in broilers fed low protein diets. Trop. Anim. Health Prod. 55: 190. doi.org/10.1007/s11250-023-03574-4

Krogdahl, Å., Sell, J.L. 1989. Influence of age on lipase, amylase, and protease activities in pancreatic tissue and intestinal contents of young turkeys. Poult. Sci. 68: 1561–1568. doi.org/10.3382/ps.0681561

Lee, S.A., Bedford, M.R., Walk, C.L. 2018. Meta-analysis: Explicit value of mono-component proteases in monogastric diets. Poult. Sci. 97: 2078–2085. doi.org/10.3382/ps/pey064

Leibholz, J. 1984. Digestion in the pig. J. Anim. Prod. Aust. 15: 145–157.

Mahmood, T., Mirza, M.A., Nawaz, H., Shahid, M. 2017. Effect of different exogenous proteases on growth performance, nutrient digestibility, and carcass response in broiler chickens fed poultry by-product meal-based diets. Livest. Sci. 200: 71–75. doi.org/10.1016/j.livsci.2017.04.007

Park, J.H., Lee, S.I., Kim, I.H. 2020. The effect of protease on growth performance, nutrient digestibility, and expression of growth-related genes and amino acid transporters in broilers. J. Anim. Sci. Technol. 62: 614. doi.org/10.5187/jast.2020.62.5.614

Radhi, K.S., Arif, M., Rehman, A., et al. 2023. Growth performance of broiler chickens fed diets supplemented with amylase and protease enzymes individually or combined. Open Vet. J. 13: 1425. doi.org/10.5455/OVJ.2023.v13.i11.8

Thirumalaisamy, G., Muralidharan, J., Senthilkumar, S., Sayee, R.H., Priyadharsini, M. 2016. Cost-effective feeding of poultry. Int. J. Environ. Sci. Technol. 5: 3997–4005.

Wealleans, A.L., Ashour, R.A., Ishmais, M.A.A., Al-Amaireh, S., Gonzalez-Sanchez, D. 2024. Comparative effects of proteases on performance, carcass traits and gut structure of broilers fed diets reduced in protein and amino acids. Anim. Sci. Technol. 66: 457. doi.org/10.5187/jast.2024.66.3.457

การเปรียบเทียบเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ในฟางข้าว

Comparison of analytical instruments for cell wall determination in rice straw

นิภารัตน์ โคตะนนท์, พงศ์ธร คงมั่น, ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ*

Niparat Khotanon, Phongthorn Kongmun, K.Teepalak Rangubhet*

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

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

บทคัดย่อ

ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทย การวิเคราะห์องค์ประกอบผนังเซลล์โดยเฉพาะเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส มีความจำเป็นต่อการประเมินคุณภาพอาหารหยาบ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบผนังเซลล์ในฟางข้าว โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อคประกอบด้วย 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีมาตรฐาน 2) ANKOM และ 3) เครื่องมือแบบประยุกต์ ใช้ตัวอย่างฟางข้าวจำนวน 10 ตัวอย่าง โดยกำหนดให้ตัวอย่างฟางข้าวเป็นบล็อค ผลการทดลองพบว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบผนังเซลล์ของฟางข้าวด้วยเครื่องมือทั้ง 3 วิธี ให้ค่าเยื่อใยในสารละลายที่เป็นกลาง เท่ากับ 70.95%, 71.06%, และ 70.90% ตามลำดับ และค่าเยื่อใยในสารละลายที่เป็นกรด เท่ากับ 49.98%, 50.18%, และ 49.93% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการประยุกต์ให้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบผนังเซลล์ของฟางข้าวที่สอดคล้องกับวิธีมาตรฐานและวิธี ANKOM ภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้ จึงสามารถใช้เป็นทางเลือกสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบผนังเซลล์ในฟางข้าวหรือพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นได้

คำสำคัญ: ผนังเซลล์พืช, ฟางข้าว, วิเคราะห์เยื่อใย, อาหารหยาบ

Abstract

Rice straw is an important roughage source for ruminants in Thailand. Determination of cell wall components, particularly cellulose and hemicellulose, is essential for evaluating roughage quality. This study aimed to compare analytical instruments for cell wall analysis in rice straw using a randomized complete block design (RCBD). Three methods were evaluated 1) the conventional method, 2) the ANKOM fiber analyzer, and 3) an applied method. Ten rice straw samples were used, with individual samples treated as blocks. The results showed that the three methods produced comparable values for neutral detergent fiber (NDF; 70.95%, 71.06% and 70.90%) and acid detergent fiber (ADF; 49.98%, 50.18% and 49.93%), with no significant differences among methods ($p > 0.05$). These findings indicate that the applied method provides results consistent with the conventional and ANKOM methods and may be considered an alternative approach for cell wall analysis in rice straw and other forage crops.

Keywords: Fiber analysis, Plant cell wall, Rice straw, Roughage

คำนำ

จากการวิเคราะห์อาหารสัตว์ด้วยวิธีอย่างหยาบ โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยหยาบ ไม่สามารถแยกองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชได้ และส่วนที่เป็นโครงสร้างของพืช เช่น เพคติน (pectin) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน (lignin) บางส่วนอาจละลายมาอยู่ในส่วน Nitrogen Free Extract (NFE) ทำให้ค่าที่ได้ไม่ถูกต้องนัก (McDonald et al., 2002) จึงทำให้การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยวิธี Proximate analysis ไม่ค่อยเป็นที่ยอมรับ จึงนิยมใช้การวิเคราะห์โดยวิธี Detergent fiber Analysis แทนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกปริมาณองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชได้ (Van Soest, 1994)

วิธีวิเคราะห์แบบ Detergent fiber Analysis ด้วยวิธีการของ Van Soest (1994) แบ่งวัตถุแห้งของอาหารสัตว์ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ Cell content หรือ Neutral Detergent Soluble (NDS) คือส่วนที่อยู่ภายในเซลล์พืชทั้งหมด ประกอบด้วย โปรตีน พลังงาน กรดอะมิโน ไขมัน น้ำตาล เพคติน Soluble และ Non-protein nitrogen วัตถุแห้งส่วนนี้สัตว์ทุกชนิดสามารถใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งหมด และเป็นส่วนที่ละลายได้ในสารละลาย Detergent ที่เป็นกลาง และ Cell wall constituents หรือ Neutral Detergent fiber (NDF) คือส่วนประกอบของผนังเซลล์ ประกอบด้วยพวกเยื่อใยทั้งหมด เช่น เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน คิวติน ซิลิก้า และโปรตีนที่ไม่ย่อยด้วยความร้อน วัตถุแห้งส่วนนี้จะมีประโยชน์เฉพาะกับสัตว์เคี้ยวเอื้องเท่านั้น เนื่องจากกระเพาะรูเมนมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ และวัตถุแห้งส่วนนี้ไม่สามารถละลายได้ในสารละลาย Detergent ที่เป็นกลาง

การวิเคราะห์ค่าผนังเซลล์ของพืชอาหารสัตว์โดยทั่วไปมักใช้ตามการวิเคราะห์ของ Goering and Van Soest (1970) โดยวิเคราะห์องค์ประกอบของเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้สารละลายที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด ซึ่งตามวิธีการแบบดั้งเดิมจะใช้บีกเกอร์ตวงตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ และเติมสารละลายลงในบีกเกอร์เพื่อต้มจากนั้นจึงใช้ผ้าขาวบางกรองกากอาหารเพื่อจัดปริมาณกากที่เหลือ (AOAC, 1990) ต่อมาได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับผลวิเคราะห์เยื่อใยผนังเซลล์ของพืชอาหารสัตว์ด้วยเครื่อง ANKOM Fiber Analysis โดยการใช้ถุงกรองที่มีรูพรุนขนาด 25 ไมโครเมตรในการตวงอาหารสัตว์ จากนั้นนำถุงกรอง Fiber Analysis พร้อมอาหารเข้าเครื่องย่อยและเติมสารละลายเช่นเดียวกันกับที่ใช้ด้วยวิธีการดั้งเดิม เมื่อครบเวลาสามารถนำถุงกรองกรองเข้าตู้อบเพื่ออบตัวอย่างและนำมาชั่งได้เลยโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการกรองด้วยผ้าขาวบาง (ANKOM, 2017) นับว่าเป็นวิธีที่สะดวก แต่เครื่อง ANKOM Fiber Analysis มีราคาแพงประกอบกับการใช้วิธีการแบบดั้งเดิมจะใช้เวลานานต่อการวิเคราะห์ 1 ตัวอย่าง และสามารถวิเคราะห์ได้แค่ตัวอย่างละ 1 บีกเกอร์เท่านั้น จึงทำให้การวิเคราะห์ผนังเซลล์ของพืชอาหารสัตว์ทั้ง 2 แบบ มีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกัน

ฟางข้าวเป็นผลพลอยได้จากการทำนา FAO ได้ประมาณการการผลิตของฟางข้าวประมาณ 723 ล้านตันต่อปี (FAO, 2013) ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยปลูกข้าวประมาณ 61 ล้านไร่ มีฟางข้าวรวมทั้งส่วนที่เป็นตอซังไม่น้อยกว่า 40 ล้านตัน นาในแต่ละไร่จะให้ฟางข้าวมากน้อยแตกต่างกันไป ขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของดินและลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ฟางข้าว ซึ่งมีทั้งพันธุ์ต้นเตี้ย และพันธุ์ต้นสูง รวมถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำ อากาศ และอุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นต้น (Sawasdee et al., 2024) การใช้ฟางข้าวและวัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆ เป็นอาหารสัตว์ถูกจำกัดด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่ต่ำ และปริมาณไนโตรเจนต่ำ (Jalc et al., 1996) ซึ่งปัญหาที่สำคัญที่ขัดขวาง ประสิทธิภาพ การใช้วัสดุเหล่านี้คือ การย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสได้ต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากโครงสร้างผลึกของเส้นใยเซลลูโลสที่ล้อมรอบด้วยเฮมิเซลลูโลส (Yamsa-Ad et al., 2025) การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของฟางข้าวสามารถทำได้ด้วยวิธีทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และเทคโนโลยีพันธุกรรม เช่น การลดขนาดอนุภาค การปรับปรุงด้วยแอมโมเนียหรือยูเรีย การใช้จุลินทรีย์ และการปรับปรุง

พันธุ์ข้าวให้มีลำต้นเปราะ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสามารถในการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ของฟางข้าวเป็นอาหารสัตว์ (Phonkompaeng et al., 2025)

ดังนั้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบเครื่องมือในการวิเคราะห์ ค่าผนังเซลล์ในฟางข้าว เพื่อเป็นการพัฒนาอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์เยื่อใยและผนังเซลล์ในพืชอาหารสัตว์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomizeก Completely Block Design; RCBD) มีจำนวนทรีทเมนต์ 3 ทรีทเมนต์ ซึ่งใช้อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์เยื่อใยในผนังเซลล์ของฟางข้าว 3 แบบ โดยสุ่มฟางที่เตรียมไว้ จำนวน 30 ตัวอย่าง เข้าทดสอบกับอุปกรณ์และเครื่องมือแบบละ 10 ตัวอย่าง โดยกำหนดให้ตัวอย่างฟางข้าวเป็นบล็อค ดังนี้ ทรีทเมนต์ที่ 1 วิธีมาตรฐาน (Conventional method) ทรีทเมนต์ที่ 2 ANKOM ทรีทเมนต์ที่ 3 วิธีการประยุกต์ (Applied)

วิธีการทดลอง

ทรีทเมนต์ที่ 1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน (Conventional Method)

การวิเคราะห์เยื่อใยในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral Detergent fiber; NDF) ดำเนินการตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) โดยชั่งตัวอย่างอาหารบดละเอียด 0.5–1.0 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติม neutral detergent solution 100 มิลลิลิตร พร้อม sodium sulfite 0.5 กรัม และ decahydronaphthalene 2 มิลลิลิตร จากนั้นต้มแบบ reflux เป็นเวลา 60 นาที กรองผ่าน sintered glass ที่ทราบน้ำหนัก ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนและ acetone แล้วอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 6–8 ชั่วโมง ก่อนชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่า NDFการวิเคราะห์เยื่อใยในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF)

การวิเคราะห์เยื่อใยในสารละลายที่เป็นกรด (Acid Detergent fiber; ADF) ใช้วิธีเดียวกับ NDF แต่เปลี่ยนเป็น acid detergent solution โดยชั่งตัวอย่าง 0.5–1.0 กรัม ต้มแบบ reflux เป็นเวลา 60 นาที กรองผ่าน sintered glass ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนและ acetone จากนั้นอบที่ 100°C เป็นเวลา 6–8 ชั่วโมง หรืออบที่ 80°C ข้ามคืน แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่า ADF (Goering and Van Soest, 1970)

ทรีทเมนต์ที่ 2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการของ ANKOM (technology method analyzed by filter bag technique)

การวิเคราะห์เยื่อใยดำเนินการโดยใช้เครื่อง ANKOM Fiber Analyzer รุ่น Delta ซึ่งอาศัยเทคนิค filter bag ขนาดรูพรุน 25 ไมโครเมตร โดยบรรจุตัวอย่างอาหารลงในถุงกรองและนำไปย่อยด้วยสารละลาย NDF หรือ ADF ภายในเครื่อง จากนั้นนำถุงกรองไปอบแห้งและชั่งน้ำหนักโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการกรอง วิธีนี้ช่วยลดความแปรปรวนทางเทคนิค สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้หลายถุงพร้อมกัน และลดเวลาและแรงงานในการวิเคราะห์ (ANKOM, 2017)

ทรีทเมนต์ที่ 3 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการประยุกต์ (Applied)

วิธีการประยุกต์เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีดั้งเดิมและการใช้ถุงกรอง (Filter bag; F57) โดยชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 0.5 กรัม ใส่ลงในถุงกรอง และนำไปต้มในบีกเกอร์ร่วมกับสารละลาย การวิเคราะห์ NDF ทำโดยต้มถุงตัวอย่าง

ใน neutral detergent solution พร้อม sodium sulfite และ decahydronaphthalene แบบ reflux เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนและ acetone ก่อนอบที่ 100 °C และชั่งน้ำหนัก ถุงที่ผ่านการวิเคราะห์ NDF แล้วนำไปวิเคราะห์ ADF ต่อ โดยต้มใน acid detergent solution แบบ reflux 60 นาที ล้าง อบ และชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณค่า ADF

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีคุณค่าทางโภชนของจากฟางข้าวและค่าความสามารถในการย่อยได้ ดังนี้ วัตถุแห้ง (Dry Matter; DM), เถ้า (Ash), อินทรียวัตถุ (Organic Matter; OM), ไขมัน (Ether Extract; EE) โปรตีนหยาบ (Crude Protein; CP), เยื่อใยหยาย (Crude Fiber; CF) และค่าพลังงานในวัตถุดิบ (Gross energy; GE) โดยจะเสนอข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่บนฐาน วัตถุแห้ง (on DM basis) โดยวิธีการของ AOAC (1990)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ANOVA ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Completely Block Design; RCBD) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสูตรอาหาร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Analysis System ตาม Equation 1 (SAS, 2004):

$$Yij=\mu+Ti+Bj+\varepsilon ij \quad (1)$$

เมื่อ Yij = ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์ที่ i ในบล็อค ที่ j
μ = ค่าเฉลี่ยรวมของค่าสังเกตทั้งหมดในการทดลอง
Ti = อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ i เมื่อ i = 1, 2, 3
Bj = อิทธิพลของบล็อค (ฟางข้าว) ที่ j เมื่อ j = 1, 2, …, 10
εij = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวแสดงให้เห็นว่า ฟางข้าวมีปริมาณวัตถุแห้งสูง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.50% และมีอินทรียวัตถุ 85.92% ขณะที่ปริมาณเถ้าเท่ากับ 14.08% ฟางข้าวมีปริมาณโปรตีนหยาบและไขมันค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 3.39% และ 1.58% ตามลำดับ ส่วนปริมาณเยื่อใยหยาบและสารสกัดปราศจากไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.98% และ 52.97% ตามลำดับ นอกจากนี้ ฟางข้าวมีค่าพลังงานขั้นต้นเท่ากับ 3.52 Mcal/kg ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Chemical composition of rice straw

Chemical compositions	Rice straw
Dry matter (%)	94.50
Ash (%)	14.08
Organic matter (%)	85.92
Crude protein (%)	3.39
Ether extract (%)	1.58
Crude fiber (%)	27.98
Nitrogen-free extract (%)	52.97
Gross energy (Mcal/kg)	3.52

ผลการเปรียบเทียบค่าผนังเซลล์ที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral Detergent Fiber; NDF) ของฟางข้าวจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิธีการมาตรฐาน (Conventional) เครื่อง ANKOM และวิธีการประยุกต์ (Applied) ภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) โดยกำหนดให้ตัวอย่างฟางข้าวเป็นบล็อก พบว่าค่าเฉลี่ยของ NDF ที่ได้จากทั้งสามวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.95%, 71.06% และ 70.90% ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างวิธีการวิเคราะห์ ($p > 0.05$) ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Comparison of analytical instruments for neutral detergent fiber (NDF) in rice straw

Sample	Conventional*	ANKOM*	Applied*
Rice straw 1	70.24	70.68	71.14
Rice straw 2	70.56	70.96	71.23
Rice straw 3	70.98	71.18	70.85
Rice straw 4	71.41	70.46	71.64
Rice straw 5	71.02	70.90	71.36
Rice straw 6	70.93	70.64	70.88
Rice straw 7	70.61	70.57	70.69
Rice straw 8	70.79	71.24	71.09
Rice straw 9	71.72	70.99	70.76
Rice straw 10	71.25	71.35	70.93
Mean	70.95	70.90	71.06
SD	0.434	0.295	0.303
SEM		0.111	
p-value		0.5546	

*Conventional method from Goering and Van Soest (1970). ANKOM technology method analyzed by filter bag technique (2006). Applied method using a filter bag boiled in the beaker. SD = Standard deviation. SEM = Standard error of means.

ผลการเปรียบเทียบค่าผนังเซลล์ที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid Detergent Fiber; ADF) ของฟางข้าวจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการมาตรฐาน (Conventional) เครื่อง ANKOM และวิธีการประยุกต์ (Applied) โดยใช้ตัวอย่างฟางข้าวเป็นบล็อกในการวิเคราะห์ตามแผน RCBD พบว่าค่าเฉลี่ยของ ADF จากทั้งสามวิธีมีค่าเท่ากับ 49.98%, 50.18% และ 49.93% ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างวิธีการวิเคราะห์ ($p > 0.05$) ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Comparison of analytical instruments for Acid detergent fiber (ADF) in rice straw

Sample	Conventional*	ANKOM*	Applied*
Rice straw 1	50.66	50.02	50.20
Rice straw 2	49.78	50.32	49.92
Rice straw 3	50.01	49.97	49.61
Rice straw 4	49.72	49.86	50.39
Rice straw 5	49.56	50.38	50.32
Rice straw 6	49.39	50.45	49.76
Rice straw 7	50.45	50.36	49.83
Rice straw 8	50.08	50.65	49.70
Rice straw 9	49.92	49.87	50.19
Rice straw 10	50.18	49.92	49.41
Mean	49.98	50.18	49.93
SD	0.390	0.283	0.328
SEM		0.116	
p-value		0.7469	

*Conventional method from Goering and Van Soest (1970). ANKOM technology method analyzed by filter bag technique (2006). Applied method using a filter bag boiled in the beaker. SD = Standard deviation. SEM = Standard error of means.

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์ค่า NDF และ ADF ของฟางข้าวโดยใช้วิธีการประยุกต์ (Applied) และเครื่อง ANKOM ให้ค่าที่มีแนวโน้มสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิม (Original) อย่างสม่ำเสมอ แม้ว่าค่าดังกล่าวจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ภายใต้แผนการทดลองที่ใช้ตัวอย่างเดียวกันวิเคราะห์ด้วยหลายวิธี ผลที่พบสะท้อนให้เห็นว่า ความแตกต่างของค่าที่ได้มีความเกี่ยวข้องกับเทคนิคการกรองและการจัดการตัวอย่าง มากกว่าความแตกต่างเชิงเคมีขององค์ประกอบผนังเซลล์พืช (Van Soest, 1994)

การที่วิธีการดั้งเดิมให้ค่า NDF และ ADF ต่ำกว่า อาจเกิดจากการสูญเสียเชิงกล (mechanical loss) ของอนุภาคเส้นใยขนาดเล็กในขั้นตอนการกรองผ่านผ้าขาวบาง รวมถึงการขูดกากตัวอย่างออกจากวัสดุกรอง ซึ่งเป็นข้อจำกัดของวิธีการแบบดั้งเดิมที่มีรายงานไว้ก่อนหน้า (Goering and Van Soest, 1970; Van Soest, 1994) ในทางตรงกันข้าม การใช้ถุงกรอง (filter bag) ทั้งในเครื่อง ANKOM และวิธีการประยุกต์ช่วยลดการสูญเสียของอนุภาคเส้นใยที่ไม่ละลาย ส่งผลให้

ค่าที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มสูงกว่าและมีความแปรปรวนต่ำกว่า ดังที่พบในรายงานการพัฒนาเทคนิค filter bag ของ ANKOM (ANKOM, 2017)

ความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ระหว่างวิธี ANKOM และวิธีการประยุกต์บ่งชี้ว่า วิธีการประยุกต์สามารถจำลองหลักการทำงานของระบบ filter bag ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้จะใช้เครื่องมือพื้นฐานมากกว่า อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ยังไม่สามารถใช้ยืนยันความถูกต้องเชิงสัมบูรณ์ (absolute accuracy) ของวิธีการประยุกต์ได้ เนื่องจากยังไม่มีการวิเคราะห์โดยอ้างอิงสารมาตรฐานหรือ certified reference fiber ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่พบได้ทั่วไปในงานเปรียบเทียบเชิงวิธีวิเคราะห์ (Van Soest, 1994)

สรุป

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบเครื่องมือในการวิเคราะห์ค่าผนังเซลล์ในฟางข้าว และคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการประยุกต์ให้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบผนังเซลล์ของฟางข้าวที่สอดคล้องกับวิธีการดั้งเดิมและเครื่อง ANKOM ภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังไม่สามารถใช้ยืนยันความถูกต้องเชิงสัมบูรณ์ของวิธีการประยุกต์ได้ เนื่องจากยังไม่มีการเปรียบเทียบกับวัสดุมาตรฐานอ้างอิง ดังนั้น วิธีการประยุกต์จึงสามารถพิจารณาใช้เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบผนังเซลล์ในฟางข้าวหรือพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถานที่สำหรับการทำวิจัย และ ผศ.ดร.ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ ในการให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

ANKOM. 2017. In vitro true digestibility using the DAISYII incubator. ANKOM Technology, New York, USA.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

FAO. 2013. Production yearbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Goering, H.K., Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus reagents, procedures and some applications). Agriculture Handbook. United States Department of Agriculture, Washington, DC, USA

Jalc, D., Nerud, F., Erbanova, P., Siroka, P. 1996. Effect of white-rot basidiomycetes-treated wheat straw on rumen fermentation in artificial rumen. Reprod. Nutr. Dev. 36: 263–270. doi.org/10.1051/rnd:19960306

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. 2002. Animal nutrition. 6th ed. Prentice Hall, Harlow, UK.

Phonkampaeng, A., Boonchu, P., Sawasdee, A., et al. 2025. Evaluation of brittle rice straw as a novel roughage resource for enhancing the performance of Holstein cows. Anim. Sci. J. 96: e70091. doi.org/10.1111/asj.70091

SAS. 2004. STAT user's guide. Release 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Sawasdee, A., Tsai, T.H., Chang, Y.H., Shrestha, J.K., Lin, M.C., Chiang, H.I., Wang, C.S. 2024. Characterization of cell wall compositions of sodium azide-induced brittle mutant lines in IR64 variety and its potential application. Plants 13: 3303. doi.org/10.3390/plants13233303

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.

Yamsa-Ad, W., Rangubhet, K.T., Chang, H.I., Wang, C.S., Kongmun, P. 2025. Effect of brittleness in rice straw on rumen fermentation by in vitro gas production technique. Trends Sci. 22: 8794. doi.org/10.48048/tis.2024.8794

ผลของการใช้ผงเปลือกมะม่วงหมักร่วมกับหญ้าซิกแนลต่อคุณภาพหญ้าหมัก

Effects of mango peel powder ensiled with signal grass on silage quality

นัฐธิดา ชาวประทุม, ก. ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ*

Nuttida Chaopratoom, K. Teepaluk Rangubhet*

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

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

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วง (mango peel powder; MPP) ในระดับ 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% ของวัตถุแห้งต่อคุณภาพการหมัก ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองของหญ้าซิกแนลหมัก ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วยการเสริม MPP 5 ระดับ แล้วทำการประเมินคะแนนลักษณะทางกายภาพ วิเคราะห์กรดแลคติก องค์ประกอบทางเคมี และการย่อยได้จริงด้วยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) ผลการทดลองพบว่า การเสริม MPP ทำให้ค่า pH เฉลี่ยของหญ้าหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะที่ระดับ 15% และ 20% ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนลักษณะทางกายภาพที่เพิ่มขึ้นจนอยู่ในเกณฑ์คุณภาพดีถึงดีมาก นอกจากนี้การเสริม MPP ทำให้ปริมาณไขมันรวมเพิ่มขึ้นและลดค่า NDF และ ADF ($p < 0.001$) พบว่าระดับการเสริม MPP 5% และ 10% ช่วยเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และพลังงานรวมมากที่สุด ($p < 0.05$) ในขณะที่การเสริมในระดับ 20% มีแนวโน้มทำให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและเยื่อใยลดลง ($p < 0.05$) โดยสรุป การเสริมผงเปลือกมะม่วงในระดับ 5% และ 10% ในการหมักหญ้าซิกแนลสามารถปรับปรุงคุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนะของหญ้าหมักได้พร้อมทั้งเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมมะม่วงในระบบการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ผงเปลือกมะม่วง, หญ้าซิกแนล, หญ้าหมัก

Abstract

This study evaluated mango peel powder (MPP) supplementation (0%, 5%, 10%, 15%, 20% DM) on silage quality, physical score, chemical composition, and *in vitro* digestibility of signal grass silage. a completely randomized design (CRD) with 5 levels was used. Silage quality was assessed by physical scoring, lactic acid analysis, chemical composition, and in vitro true digestibility (IVTD). MPP significantly reduced silage pH ($p < 0.05$), especially at 15% and 20%. This reduction was associated with higher physical scores, indicating good to excellent quality. MPP increased ether extract content and decreased NDF and ADF ($p < 0.001$). MPP at 10% improved digestibility of dry matter, crude protein, ether extract, and gross energy the most ($p < 0.05$). However, 20% MPP tended to reduce crude protein and fiber digestibility ($p < 0.05$). Overall, 5–10% MPP enhanced fermentation quality and nutritive value of the silage. MPP supplementation provides a sustainable use of mango-processing by-products in ruminant production systems.

Keywords: Mango peel powder, Signal grass, Silage

คำนำ

หญ้าหมักเป็นอาหารหยาบที่มีบทบาทสำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง คุณภาพของหญ้าหมักขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกระบวนการหมัก ซึ่งสามารถประเมินได้จากค่า pH และการสร้างกรดอินทรีย์ โดยเฉพาะกรดแลคติกซึ่งมีส่วนช่วยลดค่า pH ลดการสูญเสียวัตถุแห้งและพลังงานระหว่างการเก็บรักษา (McDonald et al., 2011; Weinberg and Ashbell, 2003; Wilkinson and Muck, 2019) ในทางตรงกันข้าม การผลิตกรดบิวทิริกและแอมโมเนียในระดับสูงมักสัมพันธ์กับการย่อยสลายโปรตีนและคุณภาพหญ้าหมักที่ไม่ดี (Ohshima and McDonald, 1978) หญ้าซิกแนลเป็นพืชอาหารสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณค่าทางโภชนะเหมาะสมต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาแนวทางปรับปรุงคุณภาพและรูปแบบการใช้ประโยชน์หญ้าชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria; LAB) มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมัก โดยเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดอินทรีย์และกรดไขมันระเหยง่าย ทำให้ค่า pH ลดลงและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ ส่งผลให้คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของหญ้าหมักดีขึ้น (Grant and Adesogan, 2018) การเสริมวัตถุดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตหมักได้ง่ายและเยื่อใยที่เหมาะสมจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการสนับสนุนการเจริญของ LAB และยกระดับคุณภาพหญ้าหมัก มีรายงานว่าการใช้ผลพลอยได้จากพืชอาหารและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเสริมสามารถเพิ่มประชากร LAB และช่วยให้การหมักเกิดขึ้นอย่างเหมาะสม (Zaid et al., 2024; Duguma et al., 2024)

มะม่วงเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีการผลิตและแปรรูปในปริมาณสูงทั่วโลก ทำให้เกิดผลพลอยได้จากการแปรรูป เช่น เปลือกและเมล็ดในปริมาณมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมหากขาดการจัดการที่เหมาะสม (Liang et al., 2019) รายงานของ Marçal and Pintado (2021) ระบุว่าเปลือกมะม่วงมีคุณค่าทางโภชนะที่น่าสนใจ ประกอบด้วยเยื่อใยในระดับสูง เยื่อใยที่ละลายน้ำได้ สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ และแร่ธาตุจำเป็นหลายชนิด จึงมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเสริมในอาหารสัตว์และหญ้าหมัก ทั้งในมิติการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะและการลดของเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วงในระดับต่าง ๆ ร่วมกับหญ้าซิกแนลหมักต่อคุณภาพการหมัก ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และค่าการย่อยได้ในหลอดทดลอง เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกมะม่วงเป็นวัตถุดิบทางเลือกในการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) ประกอบด้วยการเสริมผงเปลือกมะม่วง 5 ระดับ (0%, 5%, 10%, 15% และ 20% ของวัตถุแห้ง) แต่ละระดับมี 4 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 20 หน่วยทดลอง เตรียมหญ้าหมักโดยนำหญ้าซิกแนลมาสับให้ได้ความยาวประมาณ 1–2 เซนติเมตร แล้วผสมกับผงเปลือกมะม่วงตามระดับการเสริม 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% ของวัตถุแห้ง คลุกเคล้าให้เข้ากัน บรรจุลงถุงพลาสติกขนาดประมาณ 1 กิโลกรัม ไล่อากาศและปิดปากถุงให้สนิท จากนั้นหมักในสภาพไม่ใช้อากาศที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าซิกแนลและผงเปลือกมะม่วง (%วัตถุแห้ง): หญ้าซิกแนลมีวัตถุแห้ง 32.54% และผงเปลือกมะม่วงมีวัตถุแห้ง 90.05% โดยหญ้าซิกแนลมีวัตถุอินทรีย์ 90.44% และผงเปลือกมะม่วง 96.67% มีโปรตีนหยาบ 4.06% และ 4.28% ตามลำดับ มีอีเทอร์สกัด 1.67% และ 1.36% ค่า NDF เท่ากับ 67.06% และ 18.47% ขณะที่ค่า ADF เท่ากับ 33.33% และ 11.74% ค่า NFC เท่ากับ 17.65% และ 72.56% ตามลำดับ เถ้ามีค่า 9.56% และ 3.33% และพลังงานรวม (kcal/kg DM) เท่ากับ 3,794 และ 3,659 สำหรับหญ้าซิกแนลและผงเปลือกมะม่วงตามลำดับ

คุณภาพทางกายภาพของหญ้าหมักประเมินที่ระยะเวลา 21 วัน โดยให้คะแนนกลิ่น สี เนื้อสัมผัส และค่า pH ตามเกณฑ์การประเมินคุณภาพหญ้าหมักมาตรฐาน โดยมีคะแนนรวม 0–25 แบ่งระดับคุณภาพตั้งแต่ต่ำถึงดีมาก ตามวิธีของวารุณีและคณะ (2547)

ความเข้มข้นของกรดแลคติกวิเคราะห์ตามวิธีของ Madrid et al. (1999) โดยใช้ตัวอย่างหญ้าหมัก 10 กรัม เขย่ากับน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร บ่มที่ 4°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง กรองเอาส่วนของเหลวแล้วไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N เพื่อคำนวณปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้น

การประเมินคุณภาพทางเคมีทำโดยวิเคราะห์ค่าความชื้น (DM) (วิแคราะห์ความชื้นหรือวัตถุแห้ง) โปรตีนหยาบ (CP) ไขมันหยาบ (EE) เถ้า (Ash) และพลังงานรวม (GE) ส่วน NDF และ ADF วิเคราะห์ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) เพื่อนำมาใช้คำนวณค่าการย่อยได้และจัดจำแนกเยื่อใยเชิงโครงสร้างของหญ้าหมัก

ค่าการย่อยได้จริงในหลอดทดลอง (in vitro true digestibility; IVTD) วัดด้วยเครื่อง DAISY Incubator (ANKOM Technology, Macedon, NY, USA) โดยบดตัวอย่างให้ผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม บรรจุลงในถุงกรอง F57 แล้วบ่มร่วมกับน้ำยาบัฟเฟอร์และน้ำย่อยรูเมนที่ 39°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังการบ่มล้างถุงให้สะอาด อบแห้ง และคำนวณค่าการย่อยได้ตามคำแนะนำของผู้ผลิต ดัง Equation 1–2 (ANKOM Technology, 2021):

$$\%IVTD_{As\text{-}received} = 100 - \frac{(W_3 - (W_1 \times C_1)) \times 100}{W_2} \quad (1)$$

$$\%IVTD_{DM} = 100 - \frac{(W_3 - (W_1 \times C_1)) \times 100}{W_2 \times DM} \quad (2)$$

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้โปรแกรม SAS (2021) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามสมการ (Equation 3):

$$yij = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\tau}i + \boldsymbol{\varepsilon}ij \quad (3)$$

จากนั้นทำการทดสอบ orthogonal polynomial contrasts เพื่อประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองตามระดับการเสริม 0–20 % ทั้งแบบ เชิงเส้น (linear) และ เชิงกำลังสอง (quadratic) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของหญ้าซิกแนลหมักร่วมกับผงเปลือกมะม่วงต่อคุณภาพทางกายภาพ

ผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วง (MPP) ต่อการหมักและคุณภาพทางกายภาพของหญ้าซิกแนลหมักแสดงใน Table 1 โดยการเพิ่ม MPP จาก 0 ถึง 20% ทำให้ค่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จาก 4.49 ในกลุ่มควบคุมเป็นต่ำกว่า 4.0 ที่ระดับ 15% และ 20% พร้อมกับความเข้มข้นกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นตามระดับ MPP สะท้อนว่า MPP เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหมักได้ง่ายที่ช่วยเร่งการผลิตกรดแลคติกและยับยั้งจุลินทรีย์ไม่พึงประสงค์ ส่งผลให้การหมักมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Desta et al., 2016; Kung et al., 2018)

Table 1 Effects of mango peel powder ensiled with signal grass on pH value

Period	Mango peel powder (%)					SEM	*p-value*	Contrats, *p-value*		
	0	5	10	15	20			Linear	Quadratic	Cubic
pH	4.49[a]	4.40[b]	4.28[c]	3.81[d]	3.74[d]	0.103	<.0001	<.0001	0.0027	0.0003
Smell	11.10[a]	8.35[b]	9.25[b]	11.25[a]	11.95[a]	0.179	0.2085	0.0095	0.0048	0.0095
Color	2.10[d]	2.50[c]	2.60[b]	2.65[a]	2.75[a]	0.095	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Texture	3.50[a]	3.00[b]	3.05[b]	2.50[c]	2.45[c]	0.063	<.0001	<.0001	0.0050	0.5111
Total score	21.24[a]	18.30[c]	19.18[b]	20.16[a]	21.04[a]	0.247	0.0024	0.0163	0.0003	0.0011
Lactic acid (mg/mL)	38.51[c]	26.57[d]	25.90[d]	50.67[b]	53.82[a]	8.546	0.4784	<.0001	<.0001	<.0001

[a-d] Means with different superscript within the same row are significantly different (p <0.05)

ด้านคุณภาพทางกายภาพ คะแนนกลิ่นและสีดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยเฉพาะระดับ 15% และ 20% ทำให้คะแนนรวมอยู่ในเกณฑ์หญ้าหมักคุณภาพดีถึงดีมากตามมาตรฐาน แม้คะแนนเนื้อสัมผัสลดลงเล็กน้อยแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (กรมปศุสัตว์, 2544; Zhang et al., 2021; Umami et al., 2023) โดยสรุป การเสริม MPP ระดับ 10–20% ช่วยให้หญ้าหมักมี pH ต่ำเหมาะสม เพิ่มการผลิตกรดแลคติก และคุณภาพทางกายภาพดี จึงมีศักยภาพต่อการประยุกต์ใช้ในระดับฟาร์ม (Silva et al., 2021; Duguma et al., 2024; Aung et al., 2024)

ผลของหญ้าซิกแนลหมักร่วมกับผงเปลือกมะม่วงต่อคุณภาพทางเคมีและการย่อยได้

ผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วงต่อองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าซิกแนลหมักแสดงใน Table 2 การเพิ่มระดับ MPP ทำให้โปรตีนหยาบลดลง ขณะที่ไขมันเพิ่มขึ้นและค่า NDF และ ADF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05) การลดลงของโปรตีนหยาบส่วนหนึ่งเกิดจากการเจือจางด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยซึ่งมีสัดส่วนสูงในผงเปลือกมะม่วง ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของไขมันและการลดลงของเยื่อใยสะท้อนถึงการเพิ่มคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายและการลดลงของเยื่อใยในหญ้าหมัก (Van Soest, 1994; Marçal and Pintado, 2021; Silva et al., 2021)

ค่าการย่อยได้ แสดงให้เห็นว่าการเสริม MPP ส่งผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใยและพลังงานรวมอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าการย่อยวัตถุแห้งและพลังงานรวมมีแนวโน้มสูงขึ้นในระดับ MPP ปานกลาง ขณะที่ค่าการย่อยโปรตีนสูงที่สุดที่ระดับ 5% และ 10% และลดลงชัดเจนในระดับ 20% สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีที่โปรตีนหยาบลดลงและไขมันรวมเพิ่มขึ้นในระดับการเสริมสูง มีผลต่อสัดส่วนสารอาหารและอาจทำให้การยึดเกาะของจุลินทรีย์ต่อผิวอนุภาคอาหารลดลง (Hilgers et al., 2025; Marçal and Pintado, 2021) ค่าการย่อยไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเสริม MPP โดยเฉพาะที่ระดับ 10% และ 15% สอดคล้องกับปริมาณไขมันที่สูงขึ้น โดยรวมการใช้ MPP ระดับที่สูงมีแนวโน้มลดความสามารถในการย่อยเยื่อใย NDF และ ADF ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสภาพการหมักที่เป็นกรดมากขึ้นซึ่งอาจยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ย่อยเยื่อใยบางกลุ่ม (Van Soest, 1994; Hashemzadeh-Cigari et al., 2011) เมื่อพิจารณาภาพรวมขององค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ การเสริมผงเปลือกมะม่วงในระดับ 5% และ 10% ให้ความเหมาะสมระหว่างการเพิ่มค่าพลังงานและไขมัน การลดเยื่อใย และการคงค่าการย่อยโปรตีนและเยื่อใยให้อยู่ในระดับที่ดี ในขณะที่การเสริมในระดับสูงกว่า 15% แม้จะช่วยลด pH และเพิ่มกรดแลคติก แต่มีแนวโน้มลดการย่อยได้ของโปรตีนและเยื่อใยจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารอาหารและสภาพการหมักที่ความเป็นกรดมากเกินไป (Cañaveral-Martínez et al., 2023; Duguma et al., 2024)

Table 2 Chemical composition and in vitro true digestibility (24 hr) of signal grass silage ensiled with mango peel powder

Item	Mango peel powder (%)					SEM	*p-value*	Contrats, *p-value*		
	0	5	10	15	20			Linear	Quadratic	Cubic
Chemical composition(%)										
Dry matter	95.69^{a}	94.96^{ab}	94.14^{b}	94.71^{ab}	94.38^{b}	0.96	0.1081	0.0391	0.1325	0.4702
Organic matter	90.74	90.24	90.92	91.42	91.22	0.24	0.6939	0.3126	0.8633	0.3671
Crude protein	6.57^{a}	6.65^{a}	6.47^{a}	5.71^{b}	5.34^{b}	0.18	0.0008	0.0001	0.0111	0.0982
Fat	1.91^{c}	2.05^{c}	2.44^{b}	3.15^{a}	3.24^{a}	0.18	<.0001	<.0001	0.4575	0.0095
Ash	9.26	9.76	9.08	8.58	8.78	0.24	0.6936	0.3126	0.8632	0.3671
NDF[1]	67.57^{a}	66.97^{a}	62.39^{b}	58.53^{c}	55.04^{d}	1.61	<.0001	<.0001	0.0139	0.0131
ADF[2]	34.25^{a}	34.47^{a}	32.35^{b}	30.37^{c}	28.60^{d}	0.76	0.0002	<.0001	0.0204	0.0467
GE (Kcal/g)	4.18	4.14	4.17	4.16	4.08	0.01	0.1613	0.0620	0.2852	0.1347
In vitro true digestibility(%)										
Dry matter	49.47^{b}	50.36^{b}	42.94^{c}	52.51^{ab}	56.81^{a}	0.96	<.0001	0.0016	0.0002	0.5453
Crude protein	48.53^{bc}	65.73^{a}	55.81^{ab}	53.17^{ab}	35.05^{c}	3.63	0.0278	0.0319	0.0104	0.4250
Fat	29.97^{c}	52.17^{b}	79.72^{a}	73.65^{a}	67.23^{a}	6.07	0.0012	0.0004	0.0012	0.6482
NDF[1]	35.29^{a}	12.40^{b}	38.56^{a}	36.88^{a}	32.86^{a}	1.66	0.4367	0.3042	0.6458	0.0301
ADF[2]	32.96^{a}	4.10^{b}	37.07^{a}	35.62^{a}	29.61^{a}	4.38	0.4001	0.2605	0.6465	0.0194
GE	50.23^{b}	47.31^{b}	58.26^{a}	47.61^{b}	43.44^{c}	2.47	0.0012	0.0094	0.0015	0.0725

$^{a-d}$ Means with different superscript within the same row are significantly different ($p < 0.05$)

Remark: [1]Neutral detergent fiber (NDF)

[2]Acid detergent fiber (ADF)

สรุป

การทดลองนี้ชี้ว่า การเสริมผงเปลือกมะม่วง (MPP) ร่วมกับหญ้าซิกแนลสามารถปรับปรุงคุณภาพหญ้าหมักได้ทั้งด้านการหมัก ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการย่อยได้ในหลอดทดลอง โดยเมื่อเพิ่มระดับ MPP พบว่าค่า pH ลดลงและกรดแลคติกเพิ่มขึ้น สะท้อนการหมักที่มีประสิทธิภาพและทำให้คะแนนรวมอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก อีกทั้งช่วยลด NDF และ ADF และเพิ่มไขมันรวม ซึ่งเอื้อต่อการเพิ่มคุณค่าพลังงานของอาหาร ผลการย่อยได้พบว่า ระดับ MPP 10% ให้ความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และพลังงานรวม โดยไม่กระทบการย่อยเยื่อใยมากนัก ขณะที่ระดับ 15% และ 20% ช่วยด้านการหมักมากขึ้นแต่มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้ของโปรตีนและเยื่อใยลดลง ดังนั้นการเสริม MPP ที่ 10% จึงเป็นระดับที่เหมาะสมในการผลิตหญ้าหมักคุณภาพดีและเพิ่มการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมมะม่วง อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาต่อในสัตว์ทดลองจริงเพื่อยืนยันผลต่อสมรรถนะและสุขภาพสัตว์ภายใต้สภาพการเลี้ยงจริงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ และ ผศ.ดร.พงศ์ธร คงมั่น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิจัย เรื่อง ผลของการใช้ผงเปลือกมะม่วงหมักร่วมกับหญ้าซิกแนลต่อคุณภาพหญ้าหมัก (Effects of mango peel powder ensiled with signal grass on silage quality) ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะ แก้ไขข้อบกพร่อง และเอื้อเฟื้อเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน จนทำให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ และอำนวยความสะดวกในการทดลองและวิเคราะห์ตัวอย่าง ตลอดจนบุคลากรในภาควิชาที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัยด้านโภชนศาสตร์และการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2544. หญ้าหมัก (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. จัดพิมพ์โดย กองปศุสัตว์สัมพันธ์ กรมปศุสัตว์.

วารุณี พานิชผล, ฉายแสง ไผ่แก้ว, สมคิด พรหมมา, โสภณ ชินเวโรจน์, จันทกานต์ อรณนันท์, วิโรจน์ ฤทธิ์ฤาชัย, และวรรณา อ่างทอง. 2547. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักคุณภาพดี (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Aung, K.T., Win, K.S., Mu, K.S., Aung, M., Kyawt, Y.Y. 2024. A diet containing mango peel silage impacts upon feed intake, energy supply and growth performances of male dairy calves. Anim. Open Space 3: 1–7. doi.org/10.1016/j.anopes.2024.100069

Cañaveral-Martínez, J., Pabón, M.L., Olivera-Ángel, M. 2023. Effect of waste mango silage on in vitro gas production and rumen fermentation in calves. Anim. Feed Sci. Technol. 305: 115738. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115738

Desta, S.T., Yuan, X., Li, J., Shao, T. 2016. Ensiling characteristics, structural and nonstructural carbohydrate composition and enzymatic digestibility of Napier grass ensiled with additives. Bioresour. Technol. 221: 447–454. doi.org/10.1016/j.biortech.2016.09.068

Duguma, H., Yisehak, K., Janssens, G.P.J. 2024. Fruit by-product utilization in ruminant nutrition: Digestibility and environmental benefits. Heliyon 10: e15460. doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15460

Goering, H.K., Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agriculture Handbook No. 379. United States Department of Agriculture, Washington, DC, USA.

Grant, R.J., Adesogan, A.T. 2018. Silage special issue: Introduction. J. Dairy Sci. 101: 3935–3936. doi.org/10.3168/jds.2017-13893

Hashemzadeh-Cigari, F., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Kargar, S. 2011. Effect of molasses levels on fermentation quality and nutrient composition of silages. Anim. Feed Sci. Technol. 165: 200–207. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.02.010

Hilgers, B., Böttger, C., Weiß, K., Gerlach, K., Südekum, K.H. 2025. Effects of hydrolysable tannin extract and dry matter concentration on ensiled legume and grass forages: Chemical composition, crude protein fractions and in vitro gas production kinetics. Anim. Feed Sci. Technol. 327: 116430. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116430

Hu, Y.Q., Hu, T.G., Xu, Y.J., Wu, J.J., Song, X.L., Yu, Y.S. 2023. Interaction mechanism of carotenoids and polyphenols in mango peels. Food Res. Int. 173: 113303. doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113303

Jawaid, M.Z., Ashfaq, M.Y., Al-Ghouti, M., Zouari, N. 2024. Insights into population adaptation and biodiversity of lactic acid bacteria in challenged date palm leaves silaging, using MALDI–TOF MS. Curr. Res. Microb. Sci. 6: 100235. doi.org/10.1016/j.crmicr.2024.100235

Kung, J.L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schmidt, R.J. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. J. Dairy Sci. 101: 4020–4033. doi.org/10.3168/jds.2017-13909

Lian, T., Zhang, W., Cao, Q., Wang, S., Yin, F., Zhou, T., Zhang, F., Dong, H. 2023. Efficient production of lactic acid from anaerobic co-fermentation of starch and nitrogen-rich agro-industrial waste using a batch system. Chem. Eng. J. 471: 144689. doi.org/10.1016/j.cej.2023.144689

Madrid, J., Martínez-Teruel, A., Hernández, F., Megías, M.D. 1999. A comparative study on the determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, high-performance liquid chromatography and enzymatic methods. J. Sci. Food Agric. 79: 1722–1726. doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199909)79:12<1722::AID-JSFA413>3.0.CO;2-3

Marçal, S., Pintado, M. 2021. Mango peels as food ingredient/additive: Nutritional value, processing, safety and applications. Trends Food Sci. Technol. 114: 472–489. doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.012

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G. 2011. Animal nutrition. 7th ed. Pearson, Harlow, UK.

Silva, R.A., Alves, D.D., Rodrigues, J.A.S., Gonçalves, J.S., Pereira, M.L.A. 2021. Fruit agribusiness waste as an additive in elephant grass silage. Rev. Bras. Zootec. 50: e20200127. doi.org/10.37496/rbz5020200127

Umami, N., Widyobroto, B.P., Paradhipta, D.H.V., Solekhah, Z.A., Nurjanah, L.L. 2023. Silage quality based on the physical and chemical of several napier grass varieties (Pennisetum purpureum) supplied with different levels of pollard. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1183: 012015. doi.org/10.1088/1755-1315/1183/1/012015

Weinberg, Z.G., Ashbell, G. 2003. Engineering aspects of ensiling. Biochem. Eng. J. 13: 181–188. doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00130-7

Wilkinson, J.M., Muck, R.E. 2019. Ensiling in 2050: Some challenges and opportunities. Grass Forage Sci. 74: 178–187. doi.org/10.1111/gfs.12412

Zhang, Q., Guo, X., Zheng, M., Chen, D., Chen, X. 2021. Altering microbial communities: A possible way of lactic acid bacteria inoculants changing smell of silage. Anim. Feed Sci. Technol. 279: 114998. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114998

Effects of marine sulfated polysaccharides extract on growth performance and fecal score of pre-weaning piglets in a commercial pig farm

Prasittisak Wongkerd, Choawit Rakangthong, Chaiyapoom Bunchasak, Wiriya Loongyai*
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: agrwyl@ku.ac.th

Abstract

This study aimed to investigate the effects of dietary supplementation with marine sulfated polysaccharides (MSPs) extracted from green seaweed in creep feed on growth performance and fecal scores of pre-weaning piglets. A total of 28 sows and their litters (420 piglets) were divided into 2 groups, piglets in the treatment group were received creep feed supplemented with MSPs and the control group received unsupplemented creep feed. The results showed that weaning weight and average daily gain of MSPs group were not significantly different ($p > 0.05$) when compared to control group. A significant reduction in fecal scores was observed in the MSPs group compared with the control group ($p < 0.05$). Therefore, supplementation with MSPs in creep feed for suckling piglets reduced fecal scores, indicating beneficial effects on gut health.

Keywords: Fecal scores, Growth performance, Marine sulfate polysaccharides, Pre-weaning piglets

Introduction

In modern swine production, continuous genetic improvement toward high-prolific sows has markedly increased litter size, thereby enhancing productivity and economic efficiency. However, this progress is accompanied by challenges such as higher pre-weaning mortality (PWM) and increased incidence of neonatal diarrhea (Bunter and Graser, 2010). Piglets from large litters are typically born with lower birth weights, reduced vitality, and limited access to colostrum, predisposing them to hypothermia, starvation and enteric disorders. These vulnerabilities, coupled with immature immune function and poor intestinal development, have made early-life health a critical factor for survival and growth performance (Nuntapaitoon and Tummaruk, 2015; Muns et al., 2016).

Pre-weaning diarrhea remains one of the most common health issues in neonatal piglets, often caused by pathogens such as *Escherichia coli.* (Lecce, 1986; Jacobson, 2022). The disease is particularly prevalent in large litters or inadequate colostrum intake and passive immunity are insufficient. Environmental factors including temperature, humidity, sow parity and farrowing management also influence disease severity and piglet survival (Katsuda et al., 2006). In hyperprolific herds, these stressors compound, leading to increased morbidity and mortality. Consequently, improving intestinal barrier integrity and mucosal immunity during the pre-weaning stage is essential to enhance piglet health and reduce the use of antibiotics. The restriction on in-feed antibiotics has encouraged researchers to explore alternative natural feed additives that can promote intestinal health, modulate immune responses and prevent gastrointestinal diseases. Among these, marine sulfated polysaccharides (MSPs) have emerged as promising bioactive compounds. MSPs are complex carbohydrates with sulfate groups attached to their sugar backbone, derived mainly from marine macroalgae. These compounds possess diverse biological activities, including anti-inflammatory, antibacterial, antiviral, antioxidant and immunomodulatory effects (Arokiarajan et al., 2022; Bhuyan et al., 2023; Miranda-Arizmendi et al., 2024).

Marine algae are classified into three main groups; red (Rhodophyta), brown (Phaeophyta), and green (Chlorophyta) which contain characteristic sulfated polysaccharides such as carrageenan, fucoidan, and ulvan (Bleakley and Hayes, 2017). Among them, ulvan extracted from green seaweeds (*Ulva spp.),* has attracted significant attention due to its complex structure and multifunctional properties. Ulvan is a polyanionic heteropolysaccharide mainly composed of rhamnose, glucuronic acid, iduronic acid and xylose with sulfate substitutions that enhance solubility and biological activity (Kidgell et al., 2019; Martins et al., 2023). Its molecular configuration, including the presence of uronic acids and sulfate groups, plays a crucial role in determining its biological activity, such as binding to proteins, modulating immune cells and stabilizing epithelial tight junctions.

On previous studies have shown that ulvan and other MSPs can stimulate goblet-cell secretion and increase the expression of mucin (MUC2), zonula occludens-1 (ZO-1) and occludin, thereby reinforcing the intestinal barrier and reducing pathogen translocation (Barcelo et al., 2000; Zou et al., 2021; Malairaj et al.,

2023). In weaned pigs, dietary supplementation with seaweed-derived polysaccharides improved average daily gain (ADG), feed-to-gain ratio (F/G) and significantly decreased diarrhea incidence (Zou et al., 2021). Similarly, supplementation in gestating sows improved piglet intestinal health and reduced fecal scores post-weaning, demonstrating transgenerational benefits (Heim et al., 2014). Ulvan also exhibits immunomodulatory and anti-inflammatory functions. It can enhance lymphocyte proliferation, macrophage phagocytosis and immunoglobulin synthesis in immunocompromised animals (Cao et al., 2022), while suppressing pro-inflammatory cytokines such as TNF-α, IL-6 and IFN-γ (Mhadhebi et al., 2014; Cindana Mo'o et al., 2020). Furthermore, ulvan's antioxidant capacity mitigates oxidative stress by scavenging free radicals and protecting epithelial cells (Pangestuti and Kurnianto, 2017; Barakat et al., 2022). Collectively, these properties highlight its potential as a functional feed ingredient to improve gut health and growth performance in piglets. Given these findings, marine sulfated polysaccharides, particularly ulvan from *Ulva spp.*, represent a promising natural additive to enhance intestinal function, reduce diarrhea and improve performance in piglets. However, limited studies have focused on their effects during the pre-weaning stage, a critical period for establishing gut barrier function and microbial colonization.

Therefore, the objective of this study was to investigate the effects of marine sulfated polysaccharides extract on growth performance and fecal score of pre-weaning piglets. We hypothesize that supplementation with ulvan extract can strengthen the intestinal barrier, improve nutrient utilization and reduce diarrhea incidence providing a sustainable antibiotic-free approach to promoting piglet health and welfare.

Materials and Methods

Ethical approval and experimental design

The experimental protocol was approved by the Institutional Animal Care and Use Committee of Kasetsart University, Thailand (Approval No. ACKU68-AGR-037). A total of 28 sows were included in this study, with detailed information on sow parity, number of sows, and number of piglets per litter provided in Table 1. On farrowing day, the sows were stratified randomly by parity allocated into two experimental groups: Control (n = 14) and Treatment (n = 14). The piglets in the control group sows (n = 208) had no oral supplementation and the piglets in the treatment group sows (n = 212) were orally supplemented by added on top on creep feed with MSPs extract 50 grams/litter/day, a commercial product composed of the non-formulated Ulva fraction. The piglets in the treatment group had access to MSPs extract in creep feed for the piglets. The creep feed was manually provided daily from day 5 to 28 (weaning), in feeders, placed in the pen.

The sample size was determined by the number of sows available within a single batch of the commercial farrowing system. Although a larger number of sows per treatment would be preferable, the present study reflects realistic on-farm conditions. Importantly, the sow (pen) was considered the experimental unit, and appropriate mixed-effects models were applied.

Table 1 Sow parity distribution and litter characteristics of experimental groups

Sow parity	CON		MSPs	
	Number of sows	Number of piglets	Number of sows	Number of piglets
Parity 2	2	32	2	31
Parity 5	7	105	7	105
Parity 6	5	71	5	76
Total	14	208	14	212
Aver. parity	4.93±0.35		4.93±0.35	
Aver. piglets/litter	14.86±0.48		15.14±0.22	

CON: creep feed without supplement. MSPs: creep feed with MSPs. Aver. parity: average parity of sow
Aver. piglets/litter: average piglets per litter. Values are presented as mean±standard error of mean (SEM)

Animal, Housing and Management

This study was carried out in a 250-sows commercial swine herd in the eastern part of Thailand between August and October 2025. The breed of sows was crossbred (Large WhitexLandrace) female parities between 2 to 6. During gestation, sows were fed a commercial gestation diet (14% crude protein, 3% fat, 10% fiber and 13% moisture) that met or exceed their nutritional requirement estimates. Feed was provided twice a day following a standardized feeding pattern, resulting in an average of 2.5 kg per sow per day. During lactation, sows were fed twice a day with a commercial lactation diet (16% crude protein, 3% fat, 10% fiber and 13% moisture), increasing the daily amount of feed offered, until ad libitum feed was reached after one week of lactation. The animals were received water ad libitum in a continuous water channel. The gestating sows were moved to the farrowing house approximately 1 week before the predicted farrowing date. The farrowing facilities consisted of an evaporative cooling system housing provided with fans and individual water sprinklers to reduce the impact of the high ambient temperature. Sows were kept in individual farrowing crates (1.57 m^2) placed at the centre of the pens with a space allowance of 4.05 m^2. The pens were fully slatted with concrete at the center for sows and steel on both sides of the farrowing crate for piglets. Each pen was provided with a creep area for piglets (0.36 m^2) placed on the floor on one side, covered by a wooden sheet and heating lamp during the first week after farrowing. The heating lamp was usually turned on during the night or when the environment temperature fell below 30°C. The temperature in the creep area was between 30°C to 36°C.

The parturition process was carefully supervised. The sows and piglets were interfered with as little as possible. No extra management was performed on the newborn piglets. Routine procedures performed on the piglets included tail docking, tooth clipping and a 2 ml iron supplement administered intramuscularly on the first day of life, orally administered suspension for coccidiosis on the third day of age. Piglets were supplemented with commercial milk product from day 3 and fed commercial creep feed (20% crude protein, 4% fat, 3% fiber and 13% moisture) from day 5 until weaning (28 day). During the entire experiment the animals

were checked daily for health or eating problems. An all-in/all-out swine production system with thorough cleaning and disinfection in between lots was implemented routinely on this farm.

Growth performance and fecal score

The pigs were weighed on day 5 and 28 of the experiment by electronic scale (BW). Average Daily Gain (ADG) were subsequently calculated. The fecal score was recorded twice a day (9.00 a.m. and 15.00 p.m.) on day 12, 19 and 26 of the experiment. Each fresh sample was given a fecal score according to the consistency and appearance using the fecal consistency score system including 4 scale as reported by Pérez-Calvo et al. (2019) where: 0 = normal, firm feces; 1 = soft feces, possible slightly diarrhea; 2 = formless, semifluid feces, moderate diarrhea; 3 = very watery and frothy feces, severe diarrhea. The fecal scores ≥ 2 were defined as diarrhea (Xue et al., 2024).

Blood Analysis

Whole blood was used for determination of white blood cells (WBC) differential counts within 24 hr after collection using standard laboratory techniques from each treatment to calculate neutrophil to lymphocyte ratio (NLR) by comparing the percentage of neutrophils to lymphocytes, the indicator of stress and inflammation index. Piglet was selected one randomly per pen at day 26. Blood samples (5 ml) were collected via jugular venipuncture into EDTA tube for NLR analysis. The numbers of neutrophil and lymphocyte cells were counted using a light microscope and this data was used to calculate the NLR.

Statistical analysis

Statistical analyses were conducted using SAS® OnDemand for Academics, with a significance level set at $p < 0.05$. Normality test was checked by the Shapiro–Wilk test. Growth performance data were analyzed using mixed-effects models. For BW analysis, treatment, day, and their interaction were included as fixed effects. Sow parity and litter size were included as covariates to account for maternal and litter-related effects. Pen was considered the experimental unit and was included as a random effect. BW measured at day 5 and day 28 was analyzed as repeated measures, with day as the repeated factor and pen as the subject, using a compound symmetry covariance structure. ADG was analyzed using mixed-effects models with treatment as a fixed effect and pen as a random effect. Sow parity and litter size were included as covariates in the model. Least squares means were estimated and compared between treatments. Data were expressed as least squares mean (LS-means)±standard error of mean (SEM). NLR was analyzed using independent t tests. Data were expressed as mean±SEM. Fecal score data were analyzed as categorical variables, and differences in frequency distributions between treatments were evaluated using Fisher's exact test.

Results and Discussion

Growth performance

Growth performance results are summarized in Table 2. BW did not differ between treatments at day 5 ($p > 0.05$), indicating comparable initial BW. At day 28, piglets receiving MSPs-supplemented creep feed showed a numerically higher BW than the control group; however, this difference was not statistically significant ($p > 0.05$). Similarly, ADG from day 5 to 28 did not differ between treatments when analyzed using mixed-effects models.

The lack of statistical significance in growth parameters may be related to the relatively short supplementation period, limited sample size and inter-individual variability in creep feed intake and colostrum consumption among piglets. Nevertheless, the consistently higher numerical values for BW and ADG in the MSPs group suggest a potential positive effect of MSPs on growth. This trend is in agreement with previous findings showing that dietary seaweed-derived polysaccharides can improve intestinal morphology, including increased villus height and villus height-to-crypt depth ratio, thereby enhancing nutrient absorption and feed utilization efficiency (Zou et al., 2021).

Table 2 Growth performance of pre-weaning piglets fed creep feed with or without MSPs

Parameter	Treatment		*p*-value				
	CON	MSPs	Tx	Day	Tx*Day	Parity	LS
BW D5 (initial), kg/pig	1.701±0.072	1.702±0.052	0.99				
BW D28 (final), kg/pig	5.118±0.299	5.443±0.193	0.32	< 0.05	0.31	0.27	0.55
ADG D5-28, kg/day	0.163±0.010	0.169±0.006	0.64			0.58	0.61

BW: body weight. ADG: average daily gain. CON: creep feed without supplement. MSPs: creep feed with MSPs. Co-factor: Parity, LS = litter size. Values are LS-means±SEM obtained from mixed-effects models.

Neutrophil to lymphocyte ratio (NLR)

The effects of MSPs supplementation on hematological stress indicators at 26 days of age are summarized in Table 3. No significant differences were detected between treatments for total white blood cell count, neutrophil count, lymphocyte count or NLR ($p > 0.05$).

These results indicate that MSPs supplementation did not induce systemic inflammation or stress responses in pre-weaning piglets. The numerically higher WBC and neutrophil counts observed in the MSPs group may reflect a mild immunomodulatory stimulation, as sulfated polysaccharides have been reported to enhance innate immune activity through macrophage and lymphocyte activation (Berri et al., 2016; Cao et al., 2022). Overall, MSPs supplementation appeared to be safe and did not adversely affect hematological parameters associated with stress or inflammation.

Table 3 Effect of MSPs on stress index at 26 days of age

Parameter	Treatment		*p*-value
	CON	MSPs	
White Blood Cells, cells/μL	8,574±915	9,587±800	0.41
Neutrophil, cells/μL	4,059±645	4,509±608	0.61
Lymphocyte, cells/μL	4,233±362	4,716±355	0.35
NLR	0.939±0.122	0.993±0.138	0.77

All values represent the mean±SEM of 14 pens. Statistical comparisons were conducted using independent t tests.

Fecal score

The distribution of fecal scores is shown in Table 4. On day 12 of age, after 7 days of supplementation, the fecal score distribution tended to differ between groups ($p = 0.08$) with piglets in the MSPs group showing a higher proportion of normal feces (scores 0–1) and a lower proportion of diarrhea (scores 2–3) compared with the control group. A similar tendency was observed on day 19 ($p = 0.06$), despite a slight increase in scores 2–3 in the MSPs group; the supplemented piglets still maintained a higher proportion of normal fecal scores than the control.

At day 26, the fecal score distribution differed significantly between treatments ($p < 0.05$), the overall diarrhea incidence (scores 2–3) was reduced from 28.9% in the control group to 19.3% in the MSPs group. Piglets receiving MSPs-supplemented creep feed exhibited a markedly higher proportion of normal feces and a lower incidence of diarrhea compared with the control group. These findings demonstrate a clear beneficial effect of MSPs on fecal consistency during the late pre-weaning period. The significant improvement in fecal score observed only on day 26, despite earlier numerical trends, may be explained by the time-dependent effects of MSPs. These compounds require sufficient time to enhance gut barrier function, modulate immune responses, and shift gut microbiota composition processes that typically become more effective after 2–3 weeks of supplementation (Zou et al., 2021; Malairaj et al., 2023). Moreover, piglet immune maturation and increased creep feed intake around the third week likely contributed to more consistent exposure and response to MSPs (Pérez-Calvo et al., 2019; Cao et al., 2022).

The improvement in fecal condition observed in this study may be attributed to the bioactive properties of MSPs, particularly their roles in enhancing intestinal barrier function and modulating gut microbiota composition (Liu et al., 2019; Malairaj et al., 2023). Previous studies have shown that MSPs can upregulate the expression of tight junction proteins (zonula occludens-1, occludin, and claudin-1) and mucin genes such as MUC2, leading to enhanced mucus secretion from goblet cells and reduced intestinal permeability (Malairaj et al., 2023; Wang et al., 2024). Strengthening of the mucosal barrier may limit the translocation and colonization of enteric pathogens, including F4-*Escherichia coli.* (ETEC) and other diarrhea-causing bacteria. In addition, MSPs possess antimicrobial and anti-inflammatory properties that may further contribute to improved gut health. Berri et al. (2016) reported strong antimicrobial activity of MSPs extracted from *Ulva armoricana*. against

pathogens such as *E. coli*., *Streptococcus suis*. and *Pasteurella multocida*. Moreover, MSPs have been shown to reduce pro-inflammatory cytokines, including IL-6 and TNF-α and to modulate immune responses (Mhadhebi et al., 2014; Cindana et al., 2020). These combined effects likely explain the reduced diarrhea incidence and improved fecal scores observed in piglets fed MSPs.

Table 4 Fecal score distribution (%) of piglets from day 5 to day 26

Observation	Fecal score	Treatment				*p*-value
		n	CON (%)	n	MSPs (%)	
Day 12	0	34	40.5	43	43.4	0.08
	1	21	25.0	30	30.3	
	2	7	8.3	14	14.1	
	3	22	26.2	12	12.1	
Day 19	0	19	22.1	32	37.6	0.06
	1	29	33.7	18	21.2	
	2	17	19.8	11	12.9	
	3	21	24.4	24	28.2	
Day 26	0	21	27.6	48	57.8	< 0.05
	1	33	43.4	19	22.9	
	2	3	3.9	4	4.8	
	3	19	25.0	12	14.5	

CON: creep feed without supplement, MSPs: creep feed with MSPs, n: number of observations.
Statistical comparisons between Control and Treatment groups were conducted using Fisher's exact test.

Although MSPs supplementation did not result in statistically significant improvements in growth performance, the significant improvement in fecal consistency, suggest that MSPs can promote intestinal health in pre-weaning piglets. These results are consistent with previous studies reporting reduced diarrhea incidence and improved performance stability in piglets receiving seaweed-derived polysaccharides, particularly under enteric challenge conditions (Heim et al., 2014). Overall, the present findings support the potential of MSPs as a natural bioactive feed additive to enhance gut integrity and reduce diarrhea risk during the suckling period, without inducing stress or inflammatory responses. While growth performance benefits were modest under the conditions of this study, improved fecal consistency indicates better intestinal function and health.

Despite the promising outcomes observed in fecal score improvement, this study has several limitations. First, the sample size was constrained by the number of sows available in a single commercial batch, which may have limited the statistical power to detect differences in growth performance. Second, individual creep feed intake was not recorded, which could have led to variation in the actual exposure to MSPs among piglets. Additionally, the relatively short study period focused solely on the pre-weaning phase, preventing assessment of any long-term benefits or carryover effects post-weaning. The study also lacked molecular and microbial analyses, such as gut microbiota profiling or gene expression related to gut barrier function, which

would have provided mechanistic insights into the effects of MSPs. Lastly, the commercial farm setting, while enhancing real-world relevance, introduced environmental and management variability that could confound results.

Further research with larger sample sizes, extended supplementation periods and additional biological measurements (e.g., mucin and tight junction gene expression, serum cytokines and gut microbiota profiling) is warranted to better elucidate the mechanisms underlying the beneficial effects of MSPs and to evaluate their potential impact on post-weaning performance and antibiotic reduction strategies.

Dietary supplementation of marine sulfated polysaccharide at a dosage of 50 grams/litter/day in creep feed for pre-weaning piglets tended to reduced diarrhea (score 3) in younger piglets (D12) and improve gut health status (score 0) of nearly weaning piglets (D26). These findings indicate that MSPs supplementation can stimulate intestinal functional balance by reducing the incidence of piglet diarrhea and promote gut health status.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the cooperation and support of a commercial pig farm, Chachoengsao Province, Thailand as well as The Industrial Animal Nutrition Program, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. Appreciation is further extended to all colleagues who contributed to animal management, sample collection, laboratory analysis and data handling. Their support and collaboration were essential for the successful completion of this study.

References

Arokiarajan, M.S., Thirunavukkarasu, R., Joseph, J., Ekaterina, O., Aruni, W. 2022. Advance research in biomedical applications on marine sulfated polysaccharide. Int. J. Biol. Macromol. 194: 870–881.

Barakat, K.M., Ismail, M.M., Hassayeb, H.E.A., El Sersy, N.A., Elshobary, M.E. 2022. Chemical characterization and biological activities of ulvan extracted from Ulva fasciata (Chlorophyta). Rend. Lincei Sci. Fis. Nat. 33: 829–841.

Barcelo, A., Claustre, J., Moro, F., Chayvialle, J.A., Cuber, J.C., Plaisancié, P. 2000. Mucin secretion is modulated by luminal factors in the isolated vascularly perfused rat colon. Gut 46: 218–224.

Berri, M., Slugocki, C., Olivier, M., et al. 2016. Marine-sulfated polysaccharides extract of Ulva armoricana green algae exhibits an antimicrobial activity and stimulates cytokine expression by intestinal epithelial cells. J. Appl. Phycol. 28: 1–10.

Bhuyan, P.P., Nayak, R., Patra, S., Abdulabbas, H.S., Jena, M., Pradhan, B. 2023. Seaweed-derived sulfated polysaccharides: The new age chemopreventives. Cancers 15: 1–30.

Bleakley, S., Hayes, M. 2017. Algal proteins: Extraction, application and challenges concerning production. Foods 6: 1–34.

Bunter, K.L., Graser, H.U. 2010. Prolificacy and pre-weaning mortality in pigs. Anim. Prod. Sci. 50: 1122–1131.

Cao, S., Yang, Y., Liu, S., Shao, Z., Chu, X., Mao, W. 2022. Immunomodulatory activity in vitro and in vivo of a sulfated polysaccharide with novel structure from the green alga Ulva conglobata Kjellman. Mar. Drugs 20: 1–20.

Cindana Mo'o, F.R., Wilar, G., Devkota, H.P., Wathoni, N. 2020. Ulvan, a polysaccharide from macroalga Ulva sp.: A review of chemistry, biological activities and potential for food and biomedical applications. Appl. Sci. 10: 1–21.

Heim, G., Sweeney, T., O'Shea, C.J., Doyle, D.N., O'Doherty, J.V. 2014. Effect of maternal supplementation with seaweed extracts on growth performance and aspects of gastrointestinal health of newly weaned piglets after challenge with enterotoxigenic Escherichia coli K88. Br. J. Nutr. 112: 1955–1965.

Jacobson, M. 2022. On the infectious causes of neonatal piglet diarrhoea. Vet. Sci. 9: 422.

Katsuda, K., Kohmoto, M., Kawashima, K., Tsunemitsu, H. 2006. Frequency of enteropathogen detection in suckling and weaned pigs with diarrhea in Japan. J. Vet. Diagn. Invest. 18: 350–354.

Kidgell, J.T., Magnusson, M., Nys, R.d., Glasson, C.R.K. 2019. Ulvan: A systematic review of extraction, composition and function. Algal Res. 39: 101422.

Lecce, J.G. 1986. Diarrhea: The nemesis of the artificially reared, early weaned piglet and a strategy for defense. J. Anim. Sci. 63: 1307–1313.

Liu, B., Liu, Q.M., Li, G.L., et al. 2019. The anti-diarrhea activity of red algae-originated sulphated polysaccharides on ETEC-K88 infected mice. RSC Adv. 9: 2360–2370.

Malairaj, S., Veeraperumal, S., Yao, W., Subramanian, M., Tan, K., Zhong, S., Cheong, K.L. 2023. Porphyran from Porphyra haitanensis enhances intestinal barrier function and regulates gut microbiota. Mar. Drugs 21: 265.

Martins, A., Alves, C., Silva, J., Pinteus, S., Gaspar, H., Pedrosa, R. 2023. Sulfated polysaccharides from macroalgae: A simple roadmap for chemical characterization. Polymers 15: 1–20.

Mhadhebi, L., Mhadhebi, A., Robert, J., Bouraoui, A. 2014. Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative effects of aqueous extracts of three mediterranean brown seaweeds of the genus Cystoseira. Int. J. Pharm. Res. 13: 207–220.

Miranda-Arizmendi, V., Fimbres-Olivarria, D., Miranda-Baeza, A., Rascón-Chu, A., Marquez-Escalante, J., Lizardi-Mendoza, J., Méndez-Encinas, M.A., Carvajal-Millan, E. 2024. Sulfated polysaccharides from marine diatoms: Insight into molecular characteristics and biological activity. AIMS Bioeng. 11: 110–129.

Muns, R., Nuntapaitoon, M., Tummaruk, P. 2016. Non-infectious causes of pre-weaning mortality in piglets. Livest. Sci. 184: 46–57.

Nuntapaitoon, M., Tummaruk, P. 2015. Piglet preweaning mortality in a commercial swine herd in Thailand. Trop. Anim. Health Prod. 47: 1539–1546.

Pérez-Calvo, E., Wicaksono, A.N., Canet, E., et al. 2019. The measurement of volatile organic compounds in faeces of piglets as a tool to assess gastrointestinal functionality. Biosyst. Eng. 184: 122–129.

Pangestuti, R., Kurnianto, D. 2017. Green seaweeds-derived polysaccharides ulvan: Occurrence, medicinal value and potential applications. In: Seaweed polysaccharides. Elsevier, Netherlands, pp. 205–221.

Wang, N., Wang, C., Qi, M., Lin, X., Zha, A., Tan, B., Yin, Y., Wang, J. 2024. Phosphatidylethanolamine improves postnatal growth retardation by regulating mucus secretion of intestinal goblet cells in piglets. Animals 14: 1193.

Xue, L., Long, S., Cheng, B., et al. 2024. Dietary triple-strain Bacillus-based probiotic supplementation improves performance, immune function, intestinal morphology, and microbial community in weaned pigs. Microorganisms 12: 1536.

Zou, T., Yang, J., Guo, X., He, Q., Wang, Z., You, J. 2021. Dietary seaweed-derived polysaccharides improve growth performance of weaned pigs through maintaining intestinal barrier function and modulating gut microbial populations. J. Anim. Sci. Biotechnol. 12: 28.

The effects of dietary *Bacillus subtilis* C-3102 supplementation on growth performance, immunity and intestinal morphology in broilers

Suppata Sunsuwan, Chaowit Rakangthong, Chaiyapoom Bunchasak, Wiriya Loongyai*
Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: agrwyl@ku.ac.th

Abstract

This study evaluated the effects of dietary supplementation with *Bacillus subtilis* C-3102 on growth performance, intestinal morphology, and immune response in broiler chickens. A total of 120 one-day-old male Ross 308 broilers were randomly allocated to two dietary treatments: a basal diet (control) and a basal diet supplemented with 0.003% *B. subtilis* C-3102, with six replicates per treatment and ten birds per replicate, over a 42 day period. Growth performance was assessed during the starter, grower, finisher I, finisher II, and overall phases. Serum immunoglobulin A (IgA) concentrations were measured at different stages, and intestinal morphology of the duodenum, jejunum, and ileum was evaluated on day 42. Dietary supplementation with *B. subtilis* C–3102 did not significantly affect body weight, body weight gain, average daily gain, mortality rate, intestinal villus height, crypt depth, villus height to crypt depth ratio, or serum IgA concentrations ($p > 0.05$). However, birds fed the C-3102-supplemented diet exhibited significantly lower feed intake during the starter period and improved feed conversion ratio during the finisher I period compared with the control group ($p < 0.05$). These results indicate that *B. subtilis* C-3102 can enhance feed utilization efficiency during specific growth phases without adverse effects on health, intestinal structure, or systemic immunity, supporting its potential use as a probiotic alternative to antibiotic growth promoters in broiler production systems.

Keywords: *Bacillus subtilis* C–3102, Broiler chickens, Growth performance, Intestinal morphology, Serum IgA

Introduction

The global poultry industry has faced substantial challenges following increasing restrictions and bans on the use of antibiotic growth promoters (AGPs) in animal feeds. These regulations were implemented in response to concerns regarding the development and spread of antimicrobial-resistant bacteria, which pose significant risks to both animal and public health. Consequently, the poultry industry has sought effective alternatives capable of maintaining growth performance, feed efficiency, and intestinal health under intensive production systems (Fritts et al., 2000; Hooge et al., 2004).

Among the proposed alternatives, probiotics have gained considerable attention. Probiotics are defined as live microorganisms that, when administered in adequate amounts, confer beneficial effects on the host by improving the balance of intestinal microbiota. In broiler chickens, probiotic supplementation has been associated with improved nutrient utilization, enhanced gut health, and increased resistance to enteric pathogens (Meurer et al., 2010).

Spore-forming probiotics, particularly *Bacillus* species, present several advantages over conventional lactic acid bacteria due to their high resistance to heat, pressure, and adverse feed processing conditions. *Bacillus subtilis* C-3102 is one of the most extensively studied probiotic strains used in poultry nutrition. Numerous studies have demonstrated that dietary supplementation with *Bacillus subtilis* C-3102 at levels of approximately 3×10^8 to 5×10^8 CFU/kg feed improves body weight gain and feed conversion ratio in broiler chickens, supporting its efficacy as an alternative to antibiotic growth promoters under various rearing conditions (Fritts et al., 2000; Hooge et al., 2004; Marubashi et al., 2013).

In addition to growth performance, *Bacillus subtilis* C-3102 has been shown to beneficially modulate intestinal microbiota when supplemented at dietary levels of approximately 3×10^8 to 1×10^9 CFU/kg feed, by promoting the proliferation of beneficial bacteria and suppressing pathogenic microorganisms such as *Salmonella* spp. and *Escherichia coli*. These microbial changes are closely associated with improvements in intestinal morphology, including increased villus height and reduced crypt depth, which enhance nutrient absorption and contribute to improved gut integrity (Jeong and Kim, 2014; Manafi et al., 2016).

Moreover, probiotic supplementation with *Bacillus subtilis* C-3102 has been shown to enhance immune responses in broiler chickens, including improved humoral immunity, higher antibody titers following vaccination, and increased resistance to pathogenic challenges, thereby contributing to immune competence and food safety (Manafi et al., 2016; Nishiyama et al., 2021). In line with these findings, dietary supplementation with other *B. subtilis* strains at 3.0×10^8–5.0×10^8 CFU/kg feed significantly enhanced gut immunity by increasing intestinal IgA levels and upregulating tight junction–related genes such as *occludin*, while higher inclusion levels up to 1.8×10^9 CFU/kg feed elicited dose-dependent improvements in immunoglobulin production and intestinal morphology (Mohamed et al., 2022; Cai et al., 2024; Chen et al., 2024).

It was hypothesized that dietary supplementation with *Bacillus subtilis* C-3102 would improve growth performance and feed utilization efficiency in broiler chickens by modulating intestinal microbiota, enhancing intestinal morphology, and supporting gut immune function, without exerting adverse effects on overall health.

Materials and Methods

The experiment was approved by the Institutional Animal Care and Use Committee, Faculty of Agriculture, Kasetsart University (Approval No. ACKU67-AGR-031). A total of 120 one-day-old male Ross 308 broiler chicks were randomly assigned to two dietary treatments in a completely randomized design with six replicates per treatment and 10 birds per pen. Birds were vaccinated against Infectious Bursal Disease (IBD) at hatch and against Newcastle Disease (ND) and Infectious Bronchitis (IB) at hatch and 10 days of age. Feed and water were provided *ad libitum* for 42 days.

Dietary treatments included a basal diet (control) and a basal diet supplemented with *Bacillus subtilis* C-3102 at 0.003% (C-3102), equivalent to 3.0×10^{8} CFU/kg of feed. Diets were formulated to meet or exceed Ross 308 nutrient requirements (Aviagen, 2022) and were provided in four phases: starter (1–10 d), grower (11–24 d), finisher 1 (25–35 d), and finisher 2 (36–42 d). The probiotic product contained spray-dried spores of *B. subtilis* C-3102 at 1.0×10^{10} CFU/g.

Body weight and feed intake were recorded on days 1, 10, 24, 35, and 42 to calculate BWG, ADG, FI, and FCR. Mortality was recorded daily. Blood samples were collected from two birds per pen on days 10, 24, 35, and 42 for serum immunoglobulin A (IgA) analysis using a commercial ELISA kit.

On day 42, three birds per pen were selected for intestinal morphology analysis. Duodenum, jejunum, and ileum samples were fixed in 10% buffered formalin, sectioned, and stained with hematoxylin and eosin. Villus height (VH), crypt depth (CD), and VH/CD ratio were measured following standard histological procedures (Jeong and Kim, 2014).

Data were analyzed using the *t*–test in SAS software (SAS Institute, 1985). The pen was the experimental unit for growth performance, while individual birds were used for IgA and intestinal morphology. Differences were considered significant at $p < 0.05$.

Table 1 Composition and nutritional contents of experimental diets

Ingredients (%)	Starter	Grower	Finisher I	Finisher II
	(0–10 days)	(11–24 days)	(25–35 days)	(36–42 days)
Corn	32.51	36.55	42.18	46.42
Broken rice	20.00	20.00	20.00	20.00
Soybean meal (dehulled; 48% crude protein)	38.30	34.80	29.71	25.82
Crude rice bran oil	4.03	4.39	4.22	3.94
Calcium carbonate	1.24	0.91	0.81	0.74
Monocalciumphosphate	1.93	1.54	1.28	1.21
Salt	0.50	0.50	0.32	0.21
Sodium bicarbonate	0.10	0.10	0.28	0.45
DL-Methionine	0.41	0.35	0.33	0.32
L-Lysine	0.28	0.21	0.23	0.26

Table 1 Composition and nutritional contents of experimental diets (Continued)

Ingredients (%)	Starter (0–10 days)	Grower (11–24 days)	Finisher I (25–35 days)	Finisher II (36–42 days)
L-Threonine	0.19	0.14	0.13	0.14
Choline chloride 60%	0.06	0.06	0.06	0.06
Vitamin & Mineral Premix[1]	0.24	0.24	0.24	0.24
Antioxidant & toxin binder	0.10	0.10	0.10	0.10
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05	-
Probiotics (C-3102)	0.003	0.003	0.003	0.003
total	100.00	100.00	100.00	100.00
Nutrients by calculation				
Metabolizable Energy (kcal/kg)	2,975	3,050	3,100	3,125
Dry matter %	88.48	88.36	88.21	88.11
Protein %	23.00	21.50	19.50	18.00
Fat %	5.76	6.23	6.22	6.08
Fiber %	2.40	2.37	2.33	2.29
Lysine %	1.47	1.31	1.20	1.13
Dig. Lys %	1.32	1.18	1.08	1.02
Met + Cys %	1.12	1.04	0.97	0.92
Dig.Met + Cys %	1.00	0.92	0.86	0.82
Methionine %	0.75	0.68	0.64	0.61
Dig.Met %	0.71	0.64	0.6	0.58
Threonine %	1.02	0.92	0.84	0.79
Dig.Thr %	0.88	0.79	0.72	0.68
Calcium %	0.95	0.75	0.65	0.6
Tot.Phos.%	0.82	0.72	0.64	0.61
Avail.Phos%	0.50	0.42	0.36	0.34
Sodium %	0.23	0.23	0.21	0.21

Note: [1]Vitamin and mineral premix per kilogram of diet: vitamin A, 4,800,000 IU; vitamin D3, 1,200,000 IU; vitamin E, 6,000 IU; vitamin K3, 0.6 g.; vitamin B1, 0.6 g.; vitamin B2, 2.2 g.; vitamin B6, 0.8 g.; vitamin B12, 0.004 g.; pantothenic acid, 10 g.; folic acid, 0.2 g.; biotin, 0.048 g.; Mn, 32 g.; Zn, 24 g.; Fe, 16 g.; Cu, 3.2 g.; I, 0.2 g.; Co, 0.04 g.; Selenite, 0.04 g.

Results and Discussion

Growth performance

The effects of dietary supplementation with *Bacillus subtilis* C-3102 on growth performance of broilers are presented in Table 2. Dietary treatment did not significantly affect body weight, body weight gain, or average

daily gain during the starter, grower, finisher I, finisher II, and overall periods ($p > 0.05$). Mortality rate was also not influenced by C-3102 supplementation throughout the experimental period ($p > 0.05$).

However, broilers fed the diet supplemented with *B. subtilis* C-3102 exhibited significantly lower feed intake during the starter period compared with the control group ($p < 0.05$). In addition, feed conversion ratio (FCR) during the finisher I period was significantly improved in the C-3102 group ($p < 0.05$), whereas overall FCR was not affected by dietary treatment ($p > 0.05$).

The reduced feed intake observed during the starter period without a corresponding reduction in growth performance suggests an improvement in feed utilization efficiency in birds receiving C-3102. This effect may be associated with early modulation of gut microbiota and enhancement of digestive function by *B. subtilis*, which has been reported to produce extracellular enzymes and improve nutrient digestibility in young broilers (Lee et al., 2014; Jeong and Kim, 2014). Improved digestive efficiency during early life may allow chicks to meet their nutrient requirements with lower feed consumption.

The significantly improved FCR observed during the finisher I period indicates that the beneficial effects of *B. subtilis* C-3102 on feed efficiency may become more pronounced during phases of rapid growth and high nutrient demand. During this stage, broilers are particularly sensitive to changes in intestinal function and microbial balance. Probiotic supplementation with *B. subtilis* has been shown to enhance nutrient absorption efficiency, stabilize gut microbiota, and reduce the energy cost associated with subclinical immune activation, thereby improving feed conversion even in the absence of significant changes in body weight gain (Mountzouris et al., 2010; Bai et al., 2017).

Intestinal Morphology

The results on intestinal morphology are shown in Table 3. No significant differences were detected in villus height, crypt depth, or villus height to crypt depth (V:C) ratio in the duodenum, jejunum, or ileum between treatments ($p > 0.05$). The lack of significant morphological changes may be attributed to optimal rearing conditions and good overall gut health in both groups, as probiotics often exert more pronounced effects under conditions of environmental or pathogenic challenge (Mountzouris et al., 2010; Bai et al., 2017).

Table 2 Growth performance of broiler chickens fed diets with or without Bacillus subtilis C-3102 during different growth phases

	Control	C-3012	SEM	*p*-value
Starter (Day 1–10)				
Initial body weight (g)	44.41±0.20	44.42±0.19	0.05	0.89
Body weight (g)	351.55±7.30	349.22±9.61	2.37	0.65
Body weight gain (g)	307.14±7.42	304.79±9.52	2.38	0.64
Average daily gain (g/d)	30.71±0.74	30.48±0.95	0.24	0.64
Feed intake (g)	320.77±13.80	306.17±6.22	3.68	0.04
Feed conversion ratio, FCR	1.04±0.04	1.01±0.03	0.01	0.09
Mortality (%)	0	0		
Grower (Day 11–24)				
Body weight (g)	1606.93±46.33	1587.87±27.16	10.84	0.41
Body weight gain (g)	1255.38±50.80	1238.66±25.47	11.34	0.49
Average daily gain (g/d)	89.67±3.63	88.48±1.82	0.81	0.49
Feed intake (g)	1,463.74±56.39	1,407.20±39.68	15.90	0.07
Feed conversion ratio	1.17±0.03	1.14±0.03	0.01	0.16
Mortality (%)	5.00±8.37	3.33±8.16	2.29	0.73
Finisher 1 (Day 25–35)				
Body weight (g)	2,985.46±89.48	2,971.74±50.75	20.13	0.75
Body weight gain (g)	1,378.53±58.64	1,383.86±36.86	13.50	0.85
Average daily gain (g/d)	125.32±5.33	125.81±3.35	1.23	0.85
Feed intake (g)	1,946.80±80.16	1,878.41±37.49	20.07	0.09
Feed conversion ratio	1.41±0.03	1.36±0.05	0.01	0.04
Mortality (%)	1.67±4.08	1.67±4.08	1.12	1.00
Finisher 2 (Day 36–42)				
Body weight (g)	3,845.71±137.44	3,778.29±130.24	38.23	0.40
Body weight gain (g)	860.24±51.25	806.55±115.60	25.91	0.32
Average daily gain (g/d)	122.89±7.32	115.22±16.51	3.70	0.32
Feed intake (g)	1,445.96±79.34	1,429.33±50.77	18.50	0.67
Feed conversion ratio	1.68±0.08	1.80±0.24	0.05	0.29
Mortality (%)	2.38±5.83	0.00±0.00	1.19	0.34
Overall (Day 1–42)				
Body weight gain (g)	3,801.30±137.51	3,733.87±130.12	38.22	0.40
Average daily gain (g/d)	90.51±3.27	88.90±3.10	0.91	0.40
Feed intake (g)	5,177.27±180.02	5,021.12±90.19	45.71	0.09
Feed conversion ratio	1.36±0.03	1.35±0.05	0.01	0.48
Mortality (%)	0.08±0.09	0.05±0.08	0.02	0.54

Table 3 Intestinal morphology in broiler chickens fed diets with or without Bacillus subtilis C-3102 on day 42

		Control	C-3012	SEM	*p*-value
Duodenum	Villus height (μm)	604.21±64.13	649.01±79.34	20.97	0.31
	Crypt depth (μm)	89.97±18.95	90.88±15.44	4.76	0.93
	V:C ration	6.97±1.67	7.30±1.49	0.44	0.73
Jejunum	Villus height (μm)	606.75±61.74	603.73±105.85	23.85	0.95
	Crypt depth (μm)	72.39±12.96	80.79±12.02	3.67	0.27
	V:C ration	8.66±2.04	7.57±1.48	0.52	0.31
Ileum	Villus height (μm)	317.43±57.33	341.31±54.61	15.83	0.48
	Crypt depth (μm)	48.33±5.99	45.94±4.38	1.49	0.45
	V:C ration	6.60±1.22	7.51±1.48	0.40	0.27

Serum IgA Concentration

Serum IgA concentrations at different growth phases are presented in Table 4. Dietary supplementation with *Bacillus subtilis* C-3102 did not significantly affect serum IgA levels across all growth phases ($p > 0.05$), despite the hypothesis that probiotic supplementation would enhance immune responses. Higher serum IgA concentrations were observed during the starter and finisher II phases in both the control and C-3102 groups, indicating a growth phase–related rather than treatment-related effect. The elevated IgA levels during the starter phase may be attributed to rapid development of gut-associated lymphoid tissue and early antigen exposure, whereas the increase observed during the finisher II phase may reflect age-related immune maturation and stabilization of gut microbiota (Bar-Shira et al., 2003; Friedman and Bar-Shira, 2005; Oakley et al., 2014). Under optimal rearing conditions, probiotic effects on systemic immune parameters such as serum IgA may be limited due to a ceiling effect (Haghighi et al., 2006; Kogut and Arsenault, 2016).

Table 4 Serum immunoglobulin A (IgA) concentrations of broiler chickens fed diets with or without Bacillus subtilis C-3102 at different growth phases

IgA (ng/mL)	Control	C-3012	SEM	*p*-value
Starter	5,010.92±3,531.26	5,975.17±3,689.28	1,022.86	0.81
Grower	288.16±101.60	273.30±91.63	212.03	0.14
Finisher 1	230.93±103.45	233.79±99.90	25.87	0.14
Finisher 2	3,843.27±2,685.39	2,748.53±2,623.05	864.79	0.71

In conclusion, dietary supplementation with *Bacillus subtilis* C-3102 did not adversely affect growth performance, intestinal morphology, or health status of broilers. Phase-specific differences in feed intake and FCR were observed but were not consistent across growth phases and did not influence overall performance.

Further studies focusing on gut microbiota, local intestinal immunity, and gut barrier function under challenge conditions are warranted.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, for providing research facilities and technical support. Appreciation is also extended to the staff of the Luang Suwanwajakkasikij Poultry Farm for their assistance in animal management and sample collection. The authors gratefully acknowledge the laboratory staff for their support in sample analysis. Asahi Biocycle CO., LTD. is acknowledged for providing financial support for this study.

References

Aviagen. 2022. Ross 308 broiler: Nutrition specifications. Aviagen Group. Huntsville, AL, USA.

Bai, K., Huang, Q., Zhang, J., He, J., Zhang, L., Wang, T. 2017. Supplemental effects of probiotic *Bacillus subtilis* on growth performance, gut health, and immunity of broiler chickens. Poult. Sci. 96: 74–82.

Bar-Shira, E., Sklan, D., Friedman, A. 2003. Establishment of immune competence in the avian gut during the immediate post-hatch period. Dev. Comp. Immunol. 27: 147–157.

Cai, H., Wang, Y., Zhang, Z., Liu, X., Wang, J. 2024. Effects of dietary *Bacillus subtilis* supplementation on intestinal immunity, tight junction gene expression, and growth performance in broiler chickens. Poult. Sci. 103: 103450. doi.org/10.1016/j.psj.2023.103450

Chen, X., Zhao, L., Li, Y., Zhang, H., Liu, J. 2024. Dose-dependent effects of *Bacillus subtilis* on intestinal morphology, immune response, and gut barrier function in broiler chickens. Anim. Feed Sci. Technol. 307: 115623. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115623

Friedman, A., Bar-Shira, E. 2005. Effects of nutrition on development of immune competence in the gut-associated lymphoid tissue of chicks. Proc. Nutr. *Soc*. 64: 465–471.

Fritts, C.A., Kersey, J.H., Motl, M.A.,et al. 2000. *Bacillus subtilis* C-3102 (Calsporin®) improves live performance and microbiological status of broiler chickens. J. Appl. Poult. Res. 9: 149–155.

Haghighi, H.R., Gong, J., Gyles, C.L., Hayes, M.A., Sanei, H., Chambers, P., Sharif, S. 2006. Probiotics stimulate production of natural antibodies in chickens. *Clin*. Vaccine Immunol. 13: 975–980.

Hooge, D.M., Ishimaru, H., Sims, M.D. 2004. Influence of dietary *Bacillus subtilis* C-3102 spores on live performance of broiler chickens in four controlled pen trials. J. Appl. Poult. Res. 13: 222–228.

Jeong, J.S., Kim, I.H. 2014. Effect of *Bacillus subtilis* C-3102 spores as a probiotic feed supplement on growth performance, intestinal microflora, intestinal morphology, immune responses, and noxious gas emission in broilers. Poult. Sci. 93: 3097–3103.

Kogut, M.H., Arsenault, R.J. 2016. Immunometabolic phenotype alterations associated with the induction of disease tolerance and persistent asymptomatic infection of foodborne pathogens in poultry. Front. Immunol. 7: 1–9. doi.org/10.3389/fimmu.2016.00395

Lee, K.W., Lillehoj, H.S., Siragusa, G.R., Lillehoj, E.P. 2014. Effect of dietary supplementation with probiotic on growth performance, immune response, and gut health of broilers. J. Poult. Sci. 51: 1–7.

Manafi, M., Khalaji, S., Hedayati, M., Pirany, N. 2016. Efficacy of *Bacillus subtilis* on growth performance, immunity, and intestinal morphology in broilers challenged with *Escherichia coli*. Poult. Sci. 95: 1–10.

Marubashi, T., Gracia, M.I., Esteve-Garcia, E., Piskoríková, M. 2013. The efficacy of the probiotic feed additive Calsporin® (*Bacillus subtilis* C-3102) in broilers: Combined analysis of four studies. J. Appl. Anim. Nutr. 1: e5.

Meurer, R.F.P., Leal, P.C., Rocha, C., Bueno, I.J.M., Maiorka, A., Dahlke, F. 2010. Evaluation of the use of probiotics in diets with or without growth promoters for broiler chicks. Rev. Bras. Zootec. 39: 2687–2690.

Mountzouris, K.C., Tsirtsikos, P., Kalamara, E., Nitsch, S., Schatzmayr, G., Fegeros, K. 2010. Evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Bacillus subtilis* spores on growth performance and gut health in broilers. Poult. Sci. 89: 58–67.

Mohamed, M.A., Hassan, A.E., El-Sayed, A.A., Abd El-Hack, M.M. 2022. Dietary supplementation of *Bacillus subtilis* improves growth performance, intestinal health, and immune response in broiler chickens. Animals. 12: 2154. doi.org/10.3390/ani12172154

Nishiyama, T., Ashida, N., Nakagawa, K., Iwatani, S., Yamamoto, N. 2021. Dietary *Bacillus subtilis* C-3102 supplementation enhances the exclusion of *Salmonella enterica* from chickens. J. Poult. Sci. 58: 138–145.

Oakley, B.B., Lillehoj, H.S., Kogut, M.H., Kim, W.K., Maurer, J.J., Pedroso, A., Lee, M.D., Collett, S.R. 2014. The chicken gastrointestinal microbiome. FEMS Microbiol. Lett. 360: 100–112.

SAS Institute. 1985. SAS user's guide: Statistics. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Effects of multispecies probiotics supplementation on growth performance and diarrhea incidence in weaned piglets

Jittrakorn Papakhow, Choawit Rakangthong, Chaiyapoom Bunchasak, Wiriya Loongyai*
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: agrwyl@ku.ac.th

Abstract

This study evaluated the effects of multispecies probiotic supplementation on growth performance, fecal consistency, and diarrhea incidence in weaned piglets. A total of 396 crossbred piglets (Duroc×Landrace×Yorkshire; 28±3 days of age; initial body weight 5.46±0.93 kg) were randomly assigned to two dietary treatments in a completely randomized design. The treatments consisted of a control group fed a commercial diet containing in-feed antibiotics and a probiotic group fed the same diet supplemented with multispecies probiotics at 1×10^{10}CFU/kg feed. Each treatment included six pens with 33 piglets per pen, and the experimental period lasted 42 days. Growth performance parameters and fecal scores were evaluated, with diarrhea defined as a fecal score greater than 2. The results showed that probiotic supplementation did not significantly affect final body weight, average daily gain, or average daily feed intake ($p > 0.05$). However, piglets receiving probiotics exhibited a numerically improved feed conversion ratio compared with the control group (1.575 vs. 1.668; $p = 0.11$). In addition, fecal score distribution tended to improve during the first week post-weaning in the probiotic-supplemented group ($p = 0.07$). In conclusion, multispecies probiotic supplementation demonstrated potential to support intestinal health and improve feed efficiency without compromising growth performance in weaned piglets.

Keywords: Diarrhea incidence, Feed efficiency, Multispecies probiotics, Weaned piglets

Introduction

Weaning is a critical period in swine production and is commonly associated with post-weaning diarrhea (PWD), primarily due to physiological stress, reduced feed intake, and intestinal dysfunction. These changes often involve microbial dysbiosis and impaired mucosal immunity, which collectively compromise gut health and increase susceptibility to enteric disorders (Huaman et al., 2024; Wang et al., 2025). Such disturbances negatively affect growth performance and may lead to increased mortality, resulting in substantial economic losses in swine production systems. Traditionally, in-feed antibiotics have been widely used to control PWD; however, growing concerns regarding antimicrobial resistance and drug residues in animal products have led to restrictions on their use, thereby accelerating the search for effective non-antibiotic alternatives.

After weaning, piglets are exposed to considerable physiological and environmental stress caused by abrupt dietary changes, separation from the sow, and adaptation to new housing conditions. These stressors frequently disrupt the intestinal ecosystem, leading to intestinal dysbiosis, which is characterized by an imbalance between beneficial and pathogenic microorganisms (Gresse et al., 2017; Pluske et al., 2018). Intestinal dysbiosis is widely recognized as a major underlying cause of post-weaning diarrhea syndrome (PWDS), a multifactorial condition associated with impaired nutrient absorption, reduced growth performance, compromised immune function, and increased mortality (Lallès et al., 2007; Heo et al., 2013).

Before weaning, the gut microbiota of piglets is typically dominated by beneficial lactic acid–producing bacteria, particularly *Lactobacillus* spp., which contribute to intestinal barrier integrity, competitive exclusion of pathogens, and modulation of mucosal immune responses (Konstantinov et al., 2006). However, following weaning, the abundance of these beneficial bacteria markedly declines, creating favorable conditions for the proliferation of enteric pathogens such as *Escherichia coli* and *Clostridium perfringens* (Fouhse et al., 2016; Gresse et al., 2017). The overgrowth of these pathogens is closely associated with increased incidence of diarrhea, intestinal inflammation, and disruption of epithelial tight junctions, further aggravating intestinal dysfunction during the post-weaning period.

Probiotics, defined as live microorganisms that confer health benefits on the host when administered in adequate amounts, have gained increasing attention as nutritional strategies to stabilize gut microbiota in weaned piglets (FAO/WHO, 2002). The main probiotic groups used in swine production include lactic acid bacteria (e.g., *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus thermophilus*), spore-forming *Bacillus* spp. (e.g., *B. subtilis*, *B. licheniformis*), and yeasts such as *Saccharomyces cerevisiae* and *Candida sake*. These microorganisms act synergistically to improve intestinal health through enhancing microbial balance, producing digestive enzymes, inhibiting pathogenic bacteria, and stimulating host immune responses (Nguyen et al., 2018; Zhao et al., 2020).

Recent studies have demonstrated that multispecies probiotics and synbiotics can effectively reduce diarrhea incidence, improve feed efficiency, and enhance immune function by restoring gut microbial balance in weaned piglets (Huaman et al., 2024; Wang et al., 2025).

Therefore, multispecies probiotic supplementation represents a promising, safe, and sustainable non-antibiotic approach for improving intestinal health and reducing post-weaning diarrhea in modern swine production systems. Accordingly, the objective of this study was to evaluate the effects of multispecies probiotics supplementation on growth performance and diarrhea incidence in weaned pigs.

Materials and Methods

Ethical approval

The experimental procedures were approved by the Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC) of Kasetsart University, Thailand (Approval No. ACKU68-AGR-038) and were conducted in strict accordance with the ARRIVE guidelines.

Study period and location

The study was conducted from August to October 2025 at a commercial swine farm located in Chachoengsao Province, Thailand.

Animals, housing and experimental design

A total of 396 crossbred piglets (Duroc×Landrace×Yorkshire), consisting of 198 castrated males and 198 females, were weaned at 28±3 days of age with an average initial body weight of 5.46±0.93 kg. Piglets were randomly allocated to two experimental treatments, with six pens per treatment and 33 piglets per pen. Allocation was stratified according to body weight and sex. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD). The trial was carried out from 28 to 70 days of age, corresponding to a 42-day experimental period. Piglets had ad libitum access to feed and drinking water throughout the study. The dietary treatments consisted of: (1) a control group fed a commercial nursery diet containing 3,450 kcal/kg metabolizable energy and 20% crude protein, supplemented with in-feed antibiotics (amoxicillin 300 g/ton, tiamulin 150 g/ton, and colistin 180 g/ton); and (2) a probiotic group fed the same basal diet as the control, supplemented with a multispecies probiotic at a level of 1×10^{10} CFU/kg feed, equivalent to 500 g of probiotic product per metric ton of feed. The multispecies probiotic blend consisted of *Streptococcus thermophilus*, *Bacillus licheniformis, Lactobacillus acidophilus, L. rhamnosus, L. plantarum, L. bulgaricus, Bifidobacterium lactis, Saccharomyces cerevisiae*, and *Candida sake*. For practical feed preparation in the probiotic group, 15 g of the probiotic product was top-dressed and mixed with 30 kg of pelleted feed. The feed was mixed by shaking and blending in two sequential portions (half a bag at a time) to ensure uniform distribution of the probiotic throughout the feed.

Growth performance

Piglets were weighed at the start and end of the trial. Feed intake was recorded per pen throughout the trial. Body weight gain, Average Daily Gain, Average Daily Feed Intake and Feed Conversion Ratio were calculated (Equation 1–3).

$$\text{Average Daily Gain (ADG kg/day)} = \frac{\text{Final body weight (kg) - Initial body weight (kg)}}{\text{Number of experimental days}} \quad (1)$$

$$\text{Average Daily Feed Intake (ADFI kg/day)} = \frac{\text{Total feed intake (kg)}}{\text{Number of experimental days}} \quad (2)$$

$$\text{Feed Conversion Ratio} = \frac{\text{Total body weight gain (kg)}}{\text{Total feed intake (kg)}} \quad (3)$$

Fecal scoring and diarrhea incidence

Fecal scores were evaluated on days 29, 34, 39, 44, 49, 54, and 62 at 09:00 h by the same evaluator throughout the experimental period. Fresh feces were scored as follows: 0 = normal, 1 = soft, 2 = semi-liquid, and 3 = watery. Piglets with fecal scores greater than 2 were considered to have diarrhea (Zou et al., 2021). In addition, caretakers were instructed to photograph fecal samples within each pen, with four fecal piles randomly selected per pen at each sampling time. All images were subsequently evaluated and scored simultaneously to ensure consistency in fecal score assessment.

Statistical analysis

Growth performance and immune parameters were analyzed using an independent-group t test. The distribution of fecal scores was analyzed using a chi-square test by period. All statistical analyses were performed using SAS® OnDemand for Academics. For reporting purposes, *p* values and sample sizes (*n*) were presented in italic format in accordance with the journal manuscript template.

Results and Discussion

The effects of dietary probiotic supplementation on feed intake in weaned piglets are summarized in Table 1. During the first 2 weeks after weaning, average daily feed intake (ADFI) did not differ significantly between the control and probiotic groups (359.49 vs. 354.44 g/day; $p = 0.797$), indicating that probiotic supplementation did not affect feed acceptance during the early post-weaning period. Similarly, no significant difference was observed between treatments during weeks 3–4 ($p = 0.589$), although piglets fed the probiotic diet showed a numerically higher feed intake (692.60 vs. 668.25 g/day). In contrast, during weeks 5–6, feed intake was significantly lower in the probiotic group compared with the control group (1074.07 vs. 1187.46 g/day; $p = 0.003$). When the overall experimental period (weeks 1–6) was considered, no significant difference

in average feed intake was observed between the two groups (707.04 vs. 738.40 g/day; p = 0.244). These results indicate that although probiotic supplementation reduced feed intake during the later phase of the trial, it did not negatively affect overall feed consumption throughout the experimental period.

Table 1 Effect of probiotic supplementation on average daily feed intake (g/day) of weaned piglets

Period	Control	Probiotic	SEM	*p*-value
Week 1–2	359.49	354.44	8.34	0.797
Week 3–4	668.25	692.60	21.14	0.589
Week 5–6	1,187.46	1,074.07	22.05	0.003
Overall (Week 1–6)	738.40	707.04	12.97	0.244

SEM = standard error of the mean

Table 2 Comparison of fecal score distribution between control and probiotic groups during the experimental period

Period	Group	Fecal score	No. of pigs	%	Chi-square	*p*-value
Start of experiment	Control	0	19	79.17	4.333	0.228
		1	1	4.17		
		2	3	12.50		
		3	1	4.17		
	Probiotic	0	19	79.17		
		1	3	12.50		
		2	0	0.00		
		3	2	8.33		
Week 1	Control	0	8	33.33	6.888	0.070
		1	5	20.83		
		2	6	25.00		
		3	5	20.83		
	Probiotic	0	15	62.50		
		1	6	25.00		
		2	2	8.33		
		3	1	4.17		
Week 2	Control	0	11	45.83	1.733	0.630
		1	7	29.17		
		2	5	20.83		
		3	1	4.17		
	Probiotic	0	13	54.17		

Table 2 Comparison of fecal score distribution between control and probiotic groups during the experimental period (Continued)

Period	Group	Fecal score	No. of pigs	%	Chi-square	*p*-value
		1	8	33.33		
		2	3	12.50		
		3	0	0.00		
Week 3	Control	0	18	75.00	2.120	0.346
		1	6	25.00		
		2	0	0.00		
		3	0	0.00		
	Probiotic	0	17	70.83		
		1	5	20.83		
		2	2	8.33		
		3	0	0.00		
Week 4	Control	0	18	75.00	1.427	0.490
		1	6	25.00		
		2	0	0.00		
		3	0	0.00		
	Probiotic	0	19	79.17		
		1	4	16.67		
		2	1	4.17		
		3	0	0.00		
Week 5	Control	0	7	29.17	0.820	0.663
		1	11	45.83		
		2	6	25.00		
		3	0	0.00		
	Probiotic	0	10	41.67		
		1	9	37.50		
		2	5	20.83		
		3	0	0.00		
Overall period	Control	0	81	56.25	3.926	0.269
		1	36	25.00		
		2	20	13.89		
		3	7	4.86		
	Probiotic	0	93	64.58		
		1	35	24.31		
		2	13	9.03		
		3	3	2.08		

Data are presented as number and percentage of piglets in each fecal score category. A chi-square test was used to determine differences between treatments within each period.

Table 2, no significant difference in fecal score distribution was observed between the two groups at the start of the experiment (p = 0.228). During the first week after weaning, piglets receiving probiotic supplementation tended to have lower fecal scores compared with those in the control group (p = 0.07). Specifically, the proportion of piglets with normal feces (score 0) was higher in the probiotic group (62.50%) than in the control group (33.33%). From week 2 onward, no significant differences in fecal score distribution were observed between treatments (p > 0.05). However, the probiotic group consistently showed a numerically higher proportion of piglets with normal feces and a lower proportion of piglets with mild to moderate diarrhea (scores 2–3). Over the entire 5-week experimental period, the overall chi-square test revealed no significant difference in fecal score distribution between the two groups (p = 0.269).

Table 3 Growth performance of weaned piglets fed diets with or without probiotic supplementation

Parameter	Control	Probiotic	SEM	*p*-value
Initial BW (kg)	5.47 ± 0.95	5.45 ± 1.00	0.56	0.98
Final BW (kg)	24.14 ± 2.52	24.38 ± 2.80	1.54	0.88
ADG (g/day)	444.60 ± 40.50	450.60 ± 43.49	24.26	0.81
ADFI (g/day)	738.30 ± 44.88	706.80 ± 43.02	25.38	0.24
FCR	1.668 ± 0.10	1.575 ± 0.09	0.05	0.11

BW = body weight; ADG = average daily gain; ADFI = average daily feed intake; FCR = feed conversion ratio; SEM = standard error of the mean.

Table 3, initial and final body weights did not differ significantly between treatments (p > 0.05). Likewise, no significant differences were observed in ADG or ADFI between groups. However, piglets receiving probiotic supplementation exhibited numerically lower ADFI and FCR values. Although the difference in FCR did not reach statistical significance (p = 0.11), the numerically improved FCR suggests enhanced feed utilization in the probiotic group.

The results of the present study demonstrated that multispecies probiotic supplementation did not significantly affect body weight, average daily gain (ADG) or average daily feed intake (ADFI) in weaned piglets. These findings are consistent with previous reports indicating that probiotic supplementation does not always directly enhance growth performance during the nursery phase, particularly when basal diets are nutritionally adequate (Huaman et al., 2024; Wang et al., 2025). Comparable body weights observed between the control and probiotic groups throughout the experimental period suggest that probiotic inclusion did not negatively influence feed palatability or nutrient availability. Although no statistically significant differences were observed in feed intake, piglets receiving probiotics exhibited a numerically lower ADFI, which may reflect improved nutrient utilization efficiency rather than reduced appetite. Probiotics have been reported to enhance nutrient

digestibility by modulating intestinal microbiota, stimulating digestive enzyme activity, and improving intestinal morphology, such as increased villus height and optimized crypt structure (Li et al., 2019). These mechanisms facilitate more efficient nutrient absorption without the need for increased feed consumption.

Notably, the probiotic group showed a numerically improved feed conversion ratio (FCR), which corresponded with the fecal score assessment results. Piglets supplemented with probiotics tended to exhibit improved fecal consistency, particularly during the first week post-weaning, a period when the gastrointestinal tract is highly susceptible to stress and dysfunction. Early reduction in the severity and incidence of diarrhea is critical, as post-weaning diarrhea is known to impair nutrient absorption, increase energy losses, and negatively affect feed efficiency in subsequent growth phases. The tendency toward improved fecal scores in the probiotic group suggests enhanced stabilization of intestinal function and reduced microbial dysbiosis during the early post-weaning period. This observation aligns with previous studies reporting that probiotics can suppress the proliferation of enteric pathogens such as *Escherichia coli.* and *Clostridium perfringens.*, while increasing populations of beneficial bacteria, including *Lactobacillus* spp. and *Bifidobacterium* spp., and reducing intestinal inflammation (Miao et al., 2024; Wang et al., 2025). These changes help minimize nutrient loss associated with diarrhea and redirect metabolic energy toward growth rather than stress responses.

Therefore, although multispecies probiotic supplementation did not result in statistically significant improvements in growth performance parameters, the numerical improvement in FCR combined with the tendency to reduce diarrhea incidence particularly during the early post-weaning phase, highlights the important role of probiotics in supporting intestinal health and gastrointestinal stability. These findings support the use of multispecies probiotics as a promising non-antibiotic strategy to enhance production efficiency and promote sustainable swine production systems.

Multispecies probiotic supplementation did not result in statistically significant improvements in growth performance parameters of weaned piglets, including body weight, average daily gain, and feed intake. Nevertheless, piglets receiving probiotics exhibited a numerically improved feed conversion ratio (FCR), indicating enhanced feed utilization efficiency despite comparable growth rates to the control group. These findings suggest that probiotics may primarily improve nutrient utilization rather than directly stimulating growth.

Regarding diarrhea incidence, probiotic supplementation tended to reduce the occurrence of diarrhea and improve fecal consistency, particularly during the early post-weaning period. This phase represents a critical stage during which piglets are highly susceptible to gastrointestinal stress and microbial imbalance. The observed improvements therefore indicate enhanced intestinal stabilization at a time when the gastrointestinal tract is still functionally immature. Although immune responses were not directly evaluated in the present study, the observed improvements in intestinal stability and feed efficiency suggest a potential immunomodulatory role of multispecies probiotics. Such effects may be associated with the regulation of inflammatory processes and enhancement of intestinal barrier function, thereby contributing to improved overall gut health.

Overall, multispecies probiotics represent a promising non-antibiotic nutritional strategy to support feed efficiency and intestinal stability in weaned piglets without adversely affecting growth performance, thereby contributing to more sustainable swine production systems. To further elucidate the mechanisms underlying the beneficial effects of multispecies probiotics, future studies should include more comprehensive immunological assessments, such as cytokine profiling (e.g., IL-2, IL-6, IL-10, and TNF-α), lymphocyte proliferation assays, and gene expression analysis of immune-related markers in intestinal tissues. Moreover, integrating immune response data with gut microbiota profiling and intestinal morphology analysis would

provide deeper insights into the interactions among probiotics, host immunity, and gut health, ultimately clarifying the role of multispecies probiotics in enhancing resilience of weaned piglets during the post-weaning transition.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

References

FAO/WHO. 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. London, UK.

Fouhse, J.M., Zijlstra, R.T., Willing, B.P. 2016. The role of gut microbiota in the health and disease of pigs. Animal Frontiers. 6: 30–36.

Gresse, R., Chaucheyras-Durand, F., Fleury, M.A., Van de Wiele, T., Forano, E., Blanquet-Diot, S. 2017. Gut microbiota dysbiosis in postweaning piglets: Understanding the keys to health. Trends Microbiol. 25: 851–873.

Heo, J.M., Opapeju, F.O., Pluske, J.R., Kim, J.C., Hampson, D.J., Nyachoti, C.M. 2013. Gastrointestinal health and function in weaned pigs. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 97: 207–237.

Huaman, S.O.B., de Souza, F.A., Bonato, M.A., et al. 2024. Effects of prebiotic and multispecies probiotic supplementation on the gut microbiota, immune function, and growth performance of weaned piglets. PLOS One. 19: e0313475.

Konstantinov, S.R., Awati, A., Williams, B.A., et al. 2006. Post-natal development of the porcine microbiota composition and activities. Environ. Microbiol. 8: 1191–1199.

Lallès, J.P., Boudry, G., Favier, C., et al. 2007. Gut function and dysfunction in young pigs. Anim. Res. 56: 231–247.

Li, Y., Xu, J., Liu, W. 2019. Probiotics and intestinal health in swine: Mechanisms and applications. J. Anim. Sci. Biotechnol. 10: 85.

Miao, J., et al. 2024. Effects of live and heat-killed *Lactobacillus acidophilus* on growth performance, intestinal barrier, and microbiota in weaned piglets. Animals. 14: 2528.

Nguyen, D.H., Lee, K.Y., Kim, I.H. 2018. Growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, fecal microbial shedding, and fecal score of weaning pigs fed probiotics. Livest. Sci. 210: 87–91.

Pluske, J.R., Turpin, D.L., Kim, J.C. 2018. Gastrointestinal tract health in the young pig. Anim. Nutr. 4: 187–196.

Wang, M., Zhou, X., Hansen, L.H.B., et al. 2025. Complex probiotics can reduce diarrhea by boosting immunity and balancing gut microbiota in weaned piglets. Front. Immunol. 16: 1629044.

Zhang, L., Xu, Y., Liu, H., et al. 2016. Effects of dietary supplementation of probiotics on growth performance and intestinal health of weaned piglets. J. Anim. Feed Sci. 25: 103–110.

Zhao, P.Y., Wang, J.P., Kim, I.H. 2020. The effects of probiotics on performance and intestinal morphology in weaned pigs: A meta-analysis. Anim. Feed Sci. Technol. 263: 114460.

Zou, T., Yang, J., Guo, X., He, Q., Wang, Z., You, J. 2021. Dietary seaweed-derived polysaccharides improve growth performance of weaned pigs through maintaining intestinal barrier function and modulating gut microbial populations. J. Anim. Sci. Biotechnol. 12: 28.

A tri-herbal mixture of turmeric, bitter melon, and black ginger: Effect on prediction of carcass quality, and lipid profile in a swine model of obesity

Punnatut Aroonpanlop[a], Athiwat Yoobang[a], Thawanrat Bannasarn[a], Pullop Tungtrakoolsub[b], Nattavadee Pengrattanachot[a], Kanokporn Poungpong[a,b,*]

[a]Faculty of Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

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

Abstract

This study investigated the effects of a 1% (w/w) tri-herbal mixture on metabolic biomarkers in finishing pigs, with a specific focus on potential sex-dependent responses. Twelve crossbred finishing pigs (Landrace ×Large White×Duroc; initial BW ~100 kg) were randomly assigned to two groups (n = 6/group): a Control group fed a basal diet, and a Treatment group fed a basal diet supplemented with the tri-herbal mixture. The intervention lasted 30 days. The treatment induced a significant reduction in serum total cholesterol (91.68±2.41 mg/dL vs. 101.18±2.95 mg/dL; p = 0.03). Notably, sex-specific analysis revealed male pigs in the treatment exhibited a significantly larger Loin Eye Area compared to controls (50.87±1.38 cm^2 vs. 47.47±0.90 cm^2; p = 0.02), suggesting repartitioning of nutrients toward lean muscle accretion in males. These findings suggest the mixture's potential as a functional feed additive for lipid management and lean tissue promotion, though further research is needed to shed light on the mechanisms behind the observed effects.

Keywords: Bitter melon, Black ginger, Cholesterol, Swine model, Turmeric

Introduction

Overweight and obesity cases have surged worldwide: in 2022, 2.5 billion adults were overweight and 890 million were obese (43% and 16%), up from 25% overweight in 1990 (World Health Organization, 2025). Obesity drives noncommunicable disease risk; in 2021, high BMI contributed to 3.7 million NCD deaths, with rising cases in low- and middle-income countries, calling for urgent action (World Health Organization, 2025). Thailand's cultural practice of blending herbs enables testing recipes targeting metabolic outcomes: turmeric (*Curcuma longa*), bitter melon (*Momordica charantia*), and black ginger (*Kaempferia parviflora*) show suggestive effects on glycemia, triglycerides, cholesterol, leptin, and adiposity. (Shih et al., 2009; Navekar et al., 2017; Lee et al., 2023)

Curcuma longa rhizome has phenolics with metabolic effects (Li et al., 2011; Liu et al., 2022). In rodents, curcumin reduces diet-induced hyperlipidemia, hepatic steatosis, and insulin resistance by suppressing hepatic lipogenesis and adipose inflammatory signaling (Shehzad et al., 2011; Shao et al., 2012; Maithilikarpagaselvi et al., 2016; Yue et al., 2021; Zhong et al., 2022). Clinical studies report improvements in hepatic fat and metabolic markers, although bioavailability is a constraint (Hellmann et al., 2022; Liu et al., 2022). Curcumin improved LDL receptor abundance at hepatocyte surfaces by downregulating proprotein convertase subtilisin/kexin type 9 (PCSK9), improving LDL clearance and lowering cholesterol (Tai et al., 2014; Seidah and Prat, 2021). *Momordica charantia* contains cucurbitane-type triterpenoids, charantin, and insulin-like peptides that improve insulin sensitivity, reduce adiposity, and modulate lipid metabolism (Eddouks, 2014; Devaki et al., 2015; Çiçek, 2022). In high-fat diet models, weight gain, adipocyte size, and serum triglycerides and cholesterol are reduced (Alam et al., 2015). Meta-analyses of randomized controlled trials report significant improvements in glycemia and blood lipids, although dose and preparation vary (Phimarn et al., 2018; Çiçek, 2022). *Kaempferia parviflora* promotes lipolysis and energy expenditure in liver, adipose tissue, and skeletal muscle (Park et al., 2023; Yoshida et al., 2023). In obese mouse models, extracts reduce body fat and preserve muscle (Lee et al., 2023). Clinical trials in overweight and pre-obese adults show less abdominal and visceral fat after daily extract intake. (Yoshino et al., 2021).

Pigs share anatomical and physiological features with humans, including comparable lipoprotein profiles and adipose tissue distribution, making them ideal models for cardiometabolic and atherosclerotic disease (Yuan et al., 2018; Lunney et al., 2021). Genetic and dietary manipulation of lipid pathways in pigs, including PCSK9 gain-of-function models and high-fat, high-cholesterol diets show human-like dyslipidemia and coronary lesions (Yuan et al., 2018), making pigs suitable for testing nutraceutical strategies that may have lipid effects.

Despite extensive data on single-herb preparations, there is limited research on tri-herbal mixtures of *Curcuma longa*, *Momordica charantia*, and *Kaempferia parviflora*, and almost none in swine. In Thai practice, herbs are often prescribed mixed, with possible synergistic effects on glycemia, lipid metabolism, adiposity, and muscle mass that may not be seen in isolated tests (Devaki et al., 2015). We developed a 1% (w/w) tri-herbal mixture of *Curcuma longa*, *Momordica charantia*, and *Kaempferia parviflora*, incorporated into a

standard finishing pig diet. The objective of this study was to determine the effects of the tri-herbal mixture on productive performance, ultrasound-assessed carcass quality, and lipid metabolism in an obese swine model.

Materials and Methods

Ethical approval

All procedures were approved by the Institutional Animal Care and Use Committee of Kasetsart University, Thailand prior to study initiation. (Approval No. ACKU68-AGR-044)

Animal, housing, and Experimental design

Twelve crossbred finishing pigs (Landrace×Large White×Duroc), approximately 5 months of age or at ~100 kg body weight at enrollment, were individually housed in open-housing pens (one pig per pen). To ensure group comparability at baseline, pigs were assigned to one of two dietary groups (n = 6 per group) using a stratified randomization approach. Specifically, animals were allocated to the Control or Treatment group such that both groups were balanced for sex (3 males and 3 females per group), initial body weight, and ultrasound-measured backfat thickness:

1. Control: basal diet
2. Herbal Mixture: basal diet with 1% (w/w) tri-herbal mixture: *Curcuma longa*, *Momordica charantia*, and *Kaempferia parviflora*

The basal diet was formulated to be iso-nutritive and meet the nutritional requirements for finishing pigs, according to the National Research Council (NRC). The tri-herbal mixture was supplied by the National Nanotechnology Center (NANOTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA). The specific formulation was withheld by the provider to ensure the integrity of a blinded study. The tri-herbal mixture (Treatment) and control diets matched macronutrient profiles. Feed and water were provided *ad libitum* throughout the study. Upon entry, pigs underwent a 7-day acclimation period to housing. On Day 0 (end of acclimation), baseline data were collected for each animal: body weight (BW); carcass composition indices by real-time ultrasound (backfat thickness and loin eye) cross-sectional area; and estimated percent lean, and blood sampling for baseline serum biochemistry and hormone measurements.

From Day 1, pigs received their assigned diets once the 1% herbal inclusion was thoroughly incorporated into the basal feed. Diets were offered daily for 30 consecutive days with free access to water. General health status and welfare checks recorded daily by trained staff, and individual BW and pen-level feed intake were measured weekly to compute weekly body weight change and feed intake.

On Day 30, all baseline measurements were repeated on every pig for analyses.

Table 1 Nutritional composition of the basal diet

Nutritional Component	Value
Usable Energy (kcal/kg)	3,300.00
Moisture (%)	11.54
Protein (%)	15.30
Fat (%)	4.00
Fiber (%)	3.00
Minerals (%)	
Calcium	0.52
Total Phosphorus	0.60
Usable Phosphorus	0.24
Sodium	0.20
Chloride	0.22
Amino Acids (%)	
Lysine	0.85
Methionine	0.27
Methionine + Cysteine	0.51
Tryptophan	0.21
Threonine	0.56
Isoleucine	0.66
Valine	0.76

Blood collection and laboratory analysis

A total of 24 blood samples (12 pigs×2 time points) were obtained and submitted for biochemical analysis. Venous blood was collected at baseline (Day 0) and at study end (Day 30) from all pigs (total 24 samples across two time points). To ensure analyte-appropriate handling:

1. Glucose: Whole blood was drawn into tubes pre-lined with sodium fluoride (NaF).
2. Triglycerides and total cholesterol: Whole blood was drawn into tubes pre-lined with heparin.
3. Leptin: Whole blood was drawn into plain (additive-free) tubes.

Following collection, specimens were processed in accordance with assay-specific requirements and laboratory standard operating procedures. Samples for glucose, triglycerides, and total cholesterol were submitted to Thai Vet Lab Co., LTD. Leptin was quantified at the Kasetsart University Research and Development Institute (KURDI) after centrifugation at 4,000 rpm for 5 minutes using a Spectrafuge 6c compact centrifuge (Labnet International, Inc., Edison, NJ, USA), with measurement via Quantitative Sandwich ELISA kit (Cat. No. MBS042810; MyBioSource, Inc., San Diego, CA, USA).

Statistical analysis

All statistical data analysis was performed using the Python programming language in conjunction with the SciPy library. Group differences were evaluated using Unpaired t test to compare means among the two dietary treatments. Statistical significance was set at $p < 0.05$. Data are presented as mean±SD error of the mean.

Results and Discussion

Effect of the tri-herbal mixture on blood chemistry

At the end of 30 days, fasting glucose was similar between groups. The control group averaged 80.77±3.28 mg/dL, and the tri-herbal group averaged 81.72±2.56 mg/dL, with a *p*-value of 0.82, indicating that the tri-herbal diet did not change fasting glucose in this timeframe. Fasting triglycerides were comparable. The control group measured 48.72±6.79 mg/dL, and the tri-herbal group measured 49.42±6.44 mg/dL, $p = 0.94$. Triglycerides showed the largest spread of values among biomarkers. Within this variation, there was no evidence that the tri-herbal diet affected fasting triglycerides over 30 days.

Table 2 Effect of tri-herbal supplement in pig diet on blood chemistry at day 30

	Control	Treat	Standard Range	*p*-value
Total ($n = 6$)				
Glucose (mg/dL)	80.77±3.28	81.72±2.56	85–150[1]	0.82
Triglyceride (mg/dL)	48.72±6.79	49.42±6.44	30–80[2]	0.94
Cholesterol (mg/dL)	101.18±2.95	91.68±2.41*	36–54[1]	0.03
Leptin (ng/mL)	0.77±0.28	0.59±0.14	1.5–4.5[3]	0.60
Male ($n = 3$)				
Glucose (mg/dL)	78.67±3.01	85.87±3.24	85–150[1]	0.18
Triglyceride (mg/dL)	49.13±8.54	43.30±6.35	30–80[2]	0.61
Cholesterol (mg/dL)	103.37±3.32	87.67±1.93*	36–54[1]	0.02
Leptin (ng/mL)	0.71±0.29	0.73±0.27	1.5–4.5[3]	0.95
Female ($n = 3$)				
Glucose (mg/dL)	82.87±6.36	77.57±2.23	85–150[1]	0.48
Triglyceride (mg/dL)	48.30±12.55	55.53±11.37	30–80[2]	0.69
Cholesterol (mg/dL)	99.00±5.26	95.70±3.01	36–54[1]	0.62
Leptin (ng/mL)	0.84±0.55	0.44±0.1	1.5–4.5[3]	0.52

*Significant differences with $p < 0.05$

[1]Data taken from Merck & Co., Inc. (2026)

[2]Data taken from Friendship et al. (1984)

[3]Data taken from Alberti et al. (2009)

Total cholesterol showed a clear difference. The control group averaged 101.18±2.95 mg/dL, while the tri-herbal group averaged 91.68±2.41 mg/dL The between-group separation was statistically significant with $p = 0.03$ and the direction favored the tri-herbal diet. A sex-stratified analysis (Table 2) pinpointed that the lower total cholesterol with the tri herbal diet was driven by males (87.67±1.93 vs 103.37±3.32 mg/dL, $p = 0.02$), and all other differences in glucose, triglycerides, and leptin in both males and females were small and did not reach statistical significance.

Effects of the tri-herbal mixture on predicted carcass quality

All twelve pigs completed the 30-day study without health issues, and growth metrics remained statistically comparable between the two groups. Ultrasound and carcass measurements shown in Table 3 revealed specific physiological responses to the diet. In terms of general composition, there were no significant differences in meat percentage between groups. The percentage of meat was 45.68±1.25% for the control and 45.17±1.05% for the treatment ($p = 0.46$). However, the male treatment showed significantly larger loin eye area of 50.87±1.38 cm^2 compared to 47.47±0.90 cm^2 in the control ($p = 0.02$).

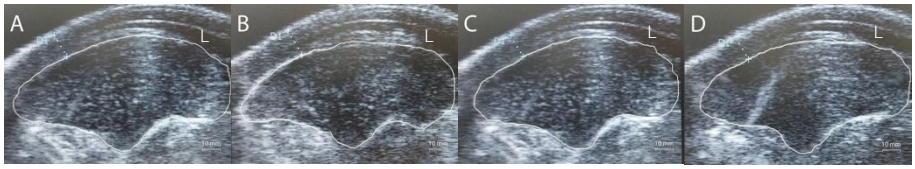


Fig 1. Ultrasound image from living pigs at the Longissimus Dorsi muscle, indicating measurements of loin eye area (L) and back fat (D1). A) female pig in the control. (B) male pig in the control. (C) female pig in the treatment. (D) male pig in the treatment. (Scale bars: 10 mm)

Table 3 Effect of tri-herbal supplement in pig diet on predicted swine carcass quality at day 30

	Control	Treat	*p*-value
Total ($n = 6$)			
%meat	45.68±1.25	45.17±1.05	0.46
Back Fat (mm.)	13.42±2.92	14.87±2.52	0.37
Loin Eye (cm^2)	47.85±1.06	49.93±2.87	0.13
Male ($n = 3$)			
%meat	45.56±1.19	44.70±1.27	0.44
Back Fat (mm.)	13.67±2.83	16.07±3.07	0.38
Loin Eye (cm^2)	47.47±0.90	50.87±1.38*	0.02
Female ($n = 3$)			
%meat	45.81±1.57	45.63±0.69	0.86
Back Fat (mm.)	13.17±3.62	13.67±1.43	0.83
Loin Eye (cm^2)	48.23±1.25	49.00±4.01	0.77

*Significant differences with $p < 0.05$

Discussion

The tri-herbal mixture significantly reduced serum total cholesterol (91.68±2.41 mg/dL vs. 101.18±2.95 mg/dL; $p = 0.03$), particularly in males (87.67±1.93 mg/dL vs. 103.37±3.32 mg/dL; $p = 0.02$), without altering triglycerides, glucose, or leptin. This targeted hypocholesterolemia effect aligns with swine studies in which *Curcuma longa* powder lowers serum cholesterol, likely due to its phenolic compounds at the physiologically relevant inclusion level used here. Concurrently, male pigs exhibited greater loin eye area (50.87±1.38 cm^2 vs. 47.47±0.90 cm^2; $p = 0.02$), indicating nutrient repartitioning toward lean tissue despite unchanged overall carcass composition.

Sex-specific cholesterol reduction may stem from disrupted PCSK9-LDLR dynamics in castrated males, as castration elevates PCSK9 and impairs LDL clearance (Cai et al., 2015), while curcumin counters this by downregulating PCSK9 expression, enhancing hepatocyte LDL receptor abundance and uptake (Tai et al., 2014; Seidah and Prat, 2021). Each herb contributes: *Curcuma longa* suppresses hepatic lipogenesis and inflammation in high-fat models (Shehzad et al., 2011; Shao et al., 2012; Maithilikarpagaselvi et al., 2016); *Momordica charantia* reduces cholesterol via triterpenoids and insulin-like peptides (Alam et al., 2015; Devaki et al., 2015; Phimarn et al., 2018; Çiçek et al., 2022); *Kaempferia parviflora* promotes lipolysis and energy expenditure (Lee et al., 2023; Park et al., 2023). Synergy likely amplifies hepatic cholesterol handling, with *Momordica charantia* and *Kaempferia parviflora* upregulating AMPK via PPARγ (Alam et al., 2015; Yuan et al., 2018; Lee et al., 2023; Park et al., 2023).

The enlarged loin eye area in treatment males aligns with *Kaempferia parviflora*'s muscle-preserving effects in rodent models and fat reduction in overweight humans, potentially redirecting lipolysis-derived substrates to protein accretion (Yoshino et al., 2021; Park et al., 2023; Yoshida et al., 2023; Lee et al., 2023). Lack of broader changes in productive performance or biomarkers over 30 days reflects the short duration and low dose (1% w/w), consistent with rodent/human trials requiring longer exposure for weight loss (Hellmann et al., 2022; Liu et al., 2022).

Study limitations include small sample size ($n = 6$/group), absence of mechanistic assays (e.g., PCSK9/LDLR levels, body composition imaging), and curcumin's bioavailability constraints (Liu et al., 2022). Future research should employ larger cohorts, extended interventions, higher doses, and targeted endpoints to validate synergy in swine models of obesity.

Conclusion

The tri-herbal mixture of *Curcuma longa*, *Momordica charantia*, and *Kaempferia parviflora* produced a significant reduction in total cholesterol. This aligns with human studies where curcumin downregulates PCSK9 and enhances LDL receptor–mediated clearance of circulating cholesterol without affecting triglycerides or body weight, and with evidence that *Kaempferia parviflora* lowers blood cholesterol in pigs; moreover, sex-stratified analysis showed a significant increase in loin eye area in males, consistent with *Momordica charantia*'s reported promotion of protein accretion in lean tissue. The mixture did not affect body

weight or other measured biomarkers in this 30-day study, and absence of weight loss may reflect the relatively low dose or short duration, suggesting that future work should examine higher doses, longer treatment periods, and larger sample sizes, with particular attention to the mechanisms underlying the sex-specific cholesterol reduction.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgements

This research was supported by the research team at Thap Kwang Livestock Research Center, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. As well as Dr. Tanapoom Maneeboon, Scientific Equipment and Research Division, Kasetsart University. In addition, this research was funded by the National Nanotechnology Center (NANOTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA).

References

Alam, M.A., Uddin, R., Subhan, N., Rahman, M.M., Jain, P., Reza, H.M. 2015. Beneficial role of bitter melon supplementation in obesity and related complications in metabolic syndrome. J. Lipids. 1–18. doi.org/10.1155/2015/496169

Alberti, K.A., Estienne, M.J., Harper, A.F. 2009. Concentrations of leptin in serum of gilts and barrows sired by boars of different breeds and adiposity. Int. J. Appl. Res. Vet. Med. 7: 23–26.

Cai, Z., Haitao X., Yongming P., et al. 2015. Effect of Testosterone Deficiency on Cholesterol Metabolism in Pigs Fed a High-fat and High-cholesterol Diet. Lipids in Health and Disease 14: 18. doi.org/10.1186/s12944-015-0014-5

Çiçek, S.S. 2022. *Momordica charantia* L.—Diabetes-related bioactivities, quality control, and safety considerations. Front. Pharmacol. 13: 904643. doi.org/10.3389/fphar.2022.904643

Devaki, C.S., Wadikar, D.D., Patki, P.E. 2015. Vegetable gourds – guards of human health: a critical appraisal. Nutr. Food Sci. 45: 125–44. doi.org/10.1108/nfs-12-2013-0146

Eddouks, M., Hebi, M., Zeggwagh, N., El Bouhali, B., Hajji, L.H. 2015. Effect of *Momordica charantia*, Camellia sinensis and cinnamon species on insulin resistance. Med. Aromat. Plants 4: 182.

Friendship, R.M., Lumsden, J.H., McMillan, I., Wilson, M.R. 1984. Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine. Can. J. Comp. Med. 48: 390–393.

Hellmann, P.H., Bagger, J.I., Carlander, K.R., et al. 2022. The effect of curcumin on hepatic fat content in individuals with obesity. Diabetes Obes. Metab. 24: 2192–2202. doi.org/10.1111/dom.14804

Lee, H.S., Jeon, Y.E., Awa, R., Yoshino, S., Kim, E.J. 2023. *Kaempferia parviflora* rhizome extract exerts anti-obesity effect in high-fat diet-induced obese C57BL/6N mice. Food Nutr. Res. 67: 9413. doi.org/10.29219/fnr.v67.9413

Li, S., Yuan, W., Deng, G., Wang, P., Yang, P. 2011. Chemical composition and product quality control of turmeric (*Curcuma longa* L.). Pharm. Crops 5: 28–54. doi.org/10.2174/2210290601102010028

Liu, S., Liu, J., He, L., Liu, L., Cheng, B., Zhou, F., Cao, D., He, Y. 2022. A comprehensive review on the benefits and problems of curcumin with respect to human health. Molecules 27: 4400. doi.org/10.3390/molecules27144400

Lunney, J.K., Van Goor, A., Walker, K.E., Hailstock, T., Franklin, J., Dai, C. 2021. Importance of the pig as a human biomedical model. Sci. Transl. Med. 13: abd5758. doi.org/10.1126/scitranslmed.abd5758

Maithilikarpagaselvi, N., Sridhar, M.G., Swaminathan, R.P., Sripradha, R., Badhe, B. 2016. Curcumin inhibits hyperlipidemia and hepatic fat accumulation in high-fructose-fed male Wistar rats. Pharm. Biol. 54: 2857–2863. doi.org/10.1080/13880209.2016.1187179

Merck & Co., Inc. 2026. Serum Biochemical Analysis Reference Ranges. Rahway, NJ, USA. https://www.msdvetmanual.com/multimedia/table/serum-biochemical-analysis-reference-ranges. 11 January 2026.

Navekar, R., Rafraf, M., Ghaffari, A., Asghari-Jafarabadi, M., Khoshbaten, M. 2017. Turmeric supplementation improves serum glucose indices and leptin levels in patients with nonalcoholic fatty liver diseases. J. Am. Coll. Nutr. 36: 261–67. doi.org/10.1080/07315724.2016.1267597

Park, S.H., Park, J., Lee, M., Kim, J., Eun, S., Jun, W., Kim, O.K., Lee, J. 2023. Antiobesity effect of *Kaempferia parviflora* accompanied by inhibition of lipogenesis and stimulation of lipolysis. Food Nutr. Res. 67: 9374. doi.org/10.29219/fnr.v67.9374

Phimarn, W., Sungthong, B., Saramunee, K., Caichompoo, W. 2018. Efficacy of *Momordica charantia* L. on blood glucose, blood lipid, and body weight: A meta-analysis of randomized controlled trials. Pharmacogn. Mag. 14: 351. doi.org/10.4103/pm.pm_215_17

Seidah, N.G., Prat, A. 2021. The multifaceted biology of PCSK9. Endocr. Rev. 43: 558–82. doi.org/10.1210/endrev/bnab035

Shao, W., Yu, Z., Chiang, Y., Yang, Y., Chai, T., Foltz, W., Lu, H., Fantus, I.G., Jin, T. 2012. Curcumin prevents high fat diet induced insulin resistance and obesity via attenuating lipogenesis in liver and inflammatory pathway in adipocytes. PLoS ONE 7: e28784. doi.org/10.1371/journal.pone.0028784

Shehzad, A., Ha, T., Subhan, F., Lee, Y.S. 2011. New mechanisms and the anti-inflammatory role of curcumin in obesity and obesity-related metabolic diseases. Eur. J. Nutr. 50: 151–61. doi.org/10.1007/s00394-011-0188-1

Shih, C.C., Lin, C.H., Lin, W.L., Wu, J.B. 2009. *Momordica charantia* extract on insulin resistance and the skeletal muscle GLUT4 protein in fructose-fed rats. J. Ethnopharmacol. 123: 82–90. doi.org/10.1016/j.jep.2009.02.039

Tai, M.H., Chen, P.K., Chen, P.Y., Wu, M.J., Ho, C.T., Yen, J.H. 2014. Curcumin enhances cell-surface LDLR level and promotes LDL uptake through downregulation of PCSK9 gene expression in HepG2 cells. Mol. Nutr. Food Res. 58: 2133–45. doi.org/10.1002/mnfr.201400366

World Health Organization. 2025. Obesity and overweight. Geneva, Switzerland. http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight. 7 May 2025.

Yoshida, I., Mishima, T., Kumagai, M., Takahashi, Y., Fujita, K., Igarashi, T. 2023. Black ginger (*Kaempferia parviflora*) extract enhances circadian rhythm and promotes lipolysis in mice fed a high-fat diet. J. Funct. Foods 107: 105649. doi.org/10.1016/j.jff.2023.105649

Yoshino, S., Tagawa, T., Awa, R., Ogasawara, J., Kuwahara, H., Fukuhara, I. 2021. Polymethoxyflavone purified from *Kaempferia parviflora* reduces visceral fat in Japanese overweight individuals: A randomised, double-blind, placebo-controlled study. Food Funct. 12: 1603–13. doi.org/10.1039/d0fo01217c

Yuan, F., Guo, L., Park, K.H., Woollard, J.R., Kwon, T.G., Jiang, K., Melkamu, T., et al. 2018. Ossabaw pigs with a PCSK9 gain-of-function mutation develop accelerated coronary atherosclerotic lesions: A novel model for preclinical studies. J. Am. Heart Assoc. 7: e006207. doi.org/10.1161/jaha.117.006207

Yue, Y., Hao, G., Cho, J., Park, Y. 2021. Curcumin reduced fat accumulation in Caenorhabditis elegans. Curr. Res. Food Sci. 4: 551–56. doi.org/10.1016/j.crfs.2021.08.005

Zhong, Y., Xiao, Y., Gao, J., Zheng, Z., Zhang, Z., Yao, L., Li, D. 2022. Curcumin improves insulin sensitivity in high-fat diet-fed mice through gut microbiota. Nutr. Metab. 19: 00712-1. doi.org/10.1186/s12986-022-00712-1

สาขาสัตวแพทยศาสตร์

(Subject: Veterinary Medicine)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

การศึกษาระดับแอนติบอดีต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสในไก่ไข่รุ่นด้วยวิธี Indirect Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

The study of antibody titers against Avian Metapneumovirus in layer pullets using Indirect Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

กันตภณ ห้างชัยเจริญ[a], **ภฑิล อำนวยชัยกิจ**[a], **ธนภัทร ชัชเวช**[a], **กรรณธพรรณ อุบลรัตน์**[b], **ณัฐชยา สัตยะพงษ์พันธุ์**[c],**เกรียงไกร วิฑูรย์เสถียร**[c,*]

Kantaphon Hangchaicharoen[a], Patin Amnuaychaikij[a], Tanapat Chatchavej[a], Kanthapan Ubolrat[b], Natchaya Satayaphongpan[c], Kriangkrai Witoonsatian[c,*]

[a]โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนากการศึกษา นครปฐม 73140
[b]สัตวแพทยสภาแห่งประเทศไทย นนทบุรี 22000
[c]คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73240
[a]Kasetsart University Laboratory School Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73240, Thailand
[b]Veterinary Council of Thailand, Nonthaburi 22000, Thailand
[c]Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73240, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: fvetkkw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โรคเยื่อจมูกและท่อลมอักเสบในสัตว์ปีกมีสาเหตุจากเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส จัดเป็นโรคในระบบทางเดินหายใจเฉียบพลันในสัตว์ปีก โดยไก่ป่วยมักพบการบวมบริเวณใบหน้าและศีรษะ มีน้ำมูกไหลและน้ำตาเป็นฟอง ผลผลิตไข่และคุณภาพเปลือกไข่ลดลง นำมาซึ่งความสูญเสียอย่างมากต่ออุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ปีกทั่วโลก ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาระดับแอนติบอดีต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส ด้วยวิธี indirect enzyme-linked immunosorbent assay (Indirect ELISA) ตัวอย่างเลือดทั้งหมดจำนวน 220 ตัวอย่างจากไก่ไข่ในฟาร์มที่ไม่มีประวัติการให้วัคซีนต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส ซึ่งเลี้ยงอยู่ในบริเวณพื้นที่ส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนท้ายของโรงเรือน ที่อายุ 2 วัน และ 4 ,6 ,8, 20, 22 และ 24 สัปดาห์ จำนวนกลุ่มอายุละ 30 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่าระดับแอนติบอดีที่ให้ผลบวกต่อการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสมีค่าเท่ากับร้อยละ 68 เมื่อพิจารณาตามอายุไก่ พบว่าร้อยละของระดับแอนติบอดีที่ให้ผลบวกในไก่อายุ 2 วัน และ 4, 6, 8, 20, 22 และ 24 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับร้อยละ 200, 23.33, 6.67, 63.33, 93.33, 200 และ 200 ตามลำดับ นอกจากนี้ ร้อยละของระดับแอนติบอดีที่แสดงผลบวกต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสในไก่ที่เลี้ยงบริเวณพื้นที่ส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนท้ายของโรงเรือน มีค่าเท่ากับร้อยละ 52.66, 62.66 และ 75 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงภาพรวมของระดับแอนติบอดีในฝูงที่ตอบสนองต่อการการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส ซึ่งจัดเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการกำหนดแผนการให้วัคซีนต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส

คำสำคัญ: ไก่ไข่รุ่น, เชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส, ระดับแอนติบอดี, Indirect ELISA

Abstract

Avian rhinotracheitis, caused by infection with Avian Metapneumovirus (aMPV), is an acute respiratory disease affecting poultry. Infected chickens exhibit symptoms such as swelling of the face and head, nasal discharge, tearing, reduced egg production and egg quality. This disease significantly impacts the global poultry production industry. The objective of this study was to measure antibody levels against aMPV infection using an indirect enzyme-linked immunosorbent assay (Indirect ELISA). A total of 220 blood samples from layer pullets in farms without vaccination against aMPV were collected at front, middle, and rear part of the poultry house at 2 day and 4, 6, 8,20, 22 and 24 weeks of age, with 30 samples per age group. The percentage of seropositive against aMPV infection was 68%. Moreover, the percentage of positive antibody against aMPV at 2 day and 4, 6, 8, 20, 22, and 24 weeks of age were 200%, 23.33%, 6.67%, 63.33%, 93.33%, 200%, and 200%, respectively. Furthermore, seropositivity to aMPV antibodies was detected in chickens reared in the front, middle, and rear sections of the poultry house, with rates of 52.66%, 62.66%, and 75.00%, respectively. The results of this study provide an overview of the flock's antibody levels as a serological antibody profile against aMPV, which is an important information for determining appropriate aMPV vaccination plans.

Keywords: Antibody titer, Avian Metapneumovirus, Indirect ELISA, Layer pullets

บทนำ

โรคติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสมีสาเหตุจากการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส (Avian metapneumovirus; aMPV) จัดอยู่ใน จีนัส *Metapnuemovirus* ตระกูล *Paramyxoviridae* มีสารพันธุกรรมชนิดอาร์เอนเอสายเดี่ยว และถูกห่อหุ้มด้วยโปรตีนโครงสร้าง โดยมีการถอดรหัสสารพันธุกรรมเป็นโปรตีนที่สำคัญจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ นิวคลีโอโปรตีน (Nucleoprotein; N), ฟอสโฟ-โปรตีน (Phosphoprotein), เมทริกซ์โปรตีน(Matrix proteins; M) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ M2 และ M2, ฟิวชั่นโปรตีน (Fusion protein), สมอลไฮโดรโฟบิกโปรตีน (Small hydrophobic protein), ไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) และ อาร์เอ็นเอ-ดีเพนเดนท์ โพลีเมอเรส โปรตีน (RNA-dependent Polymerase protein) เมื่อพิจารณาการลำดับสารพันธุกรรมของยีนไกลโคโปรตีน จี สามารถจำแนกเชื้อออกเป็น 4 ซับไทป์ ได้แก่ A, B, C และ D (Bäyon-Auboyer et al., 2000) ซึ่งจัดเป็นโรคติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจ ก่อให้เกิดลักษณะหัวบวมในไก่เนื้อและไก่ไข่ จนเป็นที่มาของการเรียกโรคนี้ว่า โรคหัวบวม หรือ อาการหัวบวม (swollen-head syndrome) โดยในไก่งวงจะแสดงอาการและความสูญเสียมากกว่าในไก่เนื้อและไก่ไข่ อาจเรียกโรคนี้ว่า โรคเยื่อบุโพรงจมูกอักเสบ (turkey rhinotracheitis) นอกจากอาการทางระบบทางเดินหายใจ เช่น น้ำมูกไหล หอบอ้าปากหายใจ ไอ และจาม แล้ว ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพไข่และการให้ผลผลิตไข่ โดยทำให้ผลผลิตไข่ลดลง เปลือกไข่บาง สีซีด ซึ่งปัญหาคุณภาพของเปลือกไข่มักคงอยู่เป็นเวลาหลายสัปดาห์ หรือไก่บางฝูงอาจพบปัญหานี้คงอยู่ตลอดไป นอกจากนี้ มักพบเป็นการติดเชื้อร่วมกับเชื้อไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคในสัตว์ปีกชนิดอื่น ๆ ซึ่งส่งผลให้เกิดความสูญเสียเพิ่มมากขึ้น (Ali et al., 2029) การแพร่กระจายของเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสสามารถพบได้ในลักษณะการสัมผัสโดยตรง เช่น น้ำที่ปนเปื้อน การเคลื่อนย้ายสัตว์ปีก บุคลากร อุปกรณ์ และรถบรรทุกอาหารสัตว์ รวมถึงการแพร่กระจายของเชื้อจากตัวไก่ที่ติดเชื้อสู่ไก่ตัวอื่นในฝูงผ่านการหายใจ (McMullin et al., 2020)

พบรายงานโรคเอเวียนเมตานิวโมไวรัสในหลายประเทศ (Ali et al., 2029) แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการและช่วงอายุ กับการติดเชื้อเอเวียนเมตตานิวโมไวรัส (Avian metapneumovirus) ในไก่ไข่รุ่น ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาระดับภูมิคุ้มกันต่อเอเวียนเมตตานิวโมไวรัสในฟาร์มไก่ไข่รุ่นที่ไม่มีการให้วัคซีนต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส ด้วยวิธี indirect enzyme-linked immunosorbent assay (Indirect-ELISA) ในไก่ไข่อายุ 2 วัน และ 4, 6, 8,20,22 และ 24 สัปดาห์ ซึ่งเป็นการติดตามในกลุ่มตัวอย่างเดิมตามพัฒนาการของอายุตั้งแต่ 2 วัน ถึง 24 สัปดาห์ ผู้จัดทำหวังว่าการศึกษาครั้งนี้จะทำให้ทราบอุบัติการณ์การติดเชื้อในฟาร์ม และเป็นข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณากำหนดโปรแกรมการให้วัคซีนต่อเชื้อเอเวียนเมตตานิวโมไวรัสต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ไก่ไข่

ไก่ไข่สายพันธุ์ Hy-line ประกอบด้วย ลูกไก่ไข่อายุ 2 วัน และไก่ไข่รุ่นอายุ 4, 6, 8, 20, 22 และ 24 สัปดาห์ ซึ่งเป็นการติดตามในกลุ่มตัวอย่างเดิมตามพัฒนาการของอายุตั้งแต่ 2 วัน ถึง 24 สัปดาห์ จำนวน 30 ตัว/อายุไก่ไข่ ไก่ทั้งหมดเลี้ยงในฟาร์มที่ไม่มีการให้วัคซีนต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสมาก่อน และเลี้ยงในระบบโรงเรือนปิดแบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Evaporative cooling system: EVAP) โดยการใช้สัตว์ทดลองได้ผ่านการอนุมัติการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ เลขที่ใบรับรองการอนุมัติ ACKU67-VET-022 ทั้งนี้ จำนวนไก่ที่ใช้ในการศึกษาสอดคล้องตามแนวทางปฏิบัติในการลดจำนวนสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ให้น้อยที่สุด โดยใช้หลักการคำนวณทางสถิติแบบ one-way ANOVA การคำนวณจำนวนตัวอย่างไก่ (Sample size) ที่ต้องเก็บตัวอย่างเลือดภายในโรงเรือนจำนวน 2 โรงเรือน (ซึ่งมีไก่ที่เลี้ยง

ประมาณ 20,000 ตัว) ใช้ package “pwr” ในโปรแกรม R ด้วยคำสั่ง pwr.anova.test และกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ (Equation 1):

จำนวนกลุ่มที่ใช้ (k) = 3 บริเวณ (หน้า กลาง และท้ายโรงเรือน) (1)

Effect size (f) = 0.4

Significant level = 0.05

C = 95%

จากค่าพารามิเตอร์ข้างต้น พบว่าจำนวนตัวอย่างที่ต้องใช้เท่ากัน 25 ตัวอย่าง/กลุ่ม และเมื่อพิจารณาร้อยละความเสียหายที่อาจพบขณะทำการศึกษา เท่ากับร้อยละ 25 ดังนั้น จำนวนตัวอย่างที่เก็บในการศึกษาครั้งนี้จึงเท่ากับ 30 ตัว/กลุ่ม ทั้งนี้ จำนวนไก่และการแบ่งกลุ่มตัวอย่าง ได้พิจารณาให้สอดคล้องตามงานวิจัยของ Nguyen และคณะ (2022) ดังนั้น การศึกษานี้จึงทำการแบ่งกลุ่มทดลองตามช่วงอายุไก่ออกเป็น 7 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 30 ตัวอย่าง จากบริเวณด้านหน้า ตรงกลาง และด้านท้ายโรงเรือน อย่างละ 20 ตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างเลือดไก่และแยกเก็บซีรั่ม

การเก็บตัวอย่างเลือดไก่ดำเนินการสอดคล้องตามแนวทางการปฏิบัติที่ทำให้สัตว์ได้รับความเจ็บปวดน้อยที่สุด โดยการจับบังคับสัตว์ระหว่างการเก็บตัวอย่างเลือดจะดำเนินการด้วยความนุ่มนวล และมีการกำหนดอุปกรณ์สำหรับเก็บเลือด ตำแหน่งของหลอดเลือดดำ และปริมาณเลือดสอดคล้องตามหลักสวัสดิภาพสัตว์ (WOAH, 2023) โดยเจาะเก็บเลือดจาก brachial wing vein ใช้ syringe ขนาด 3 มิลลิลิตร และเข็มเบอร์ 23 ความยาว 2 นิ้ว โดยเก็บเลือดปริมาณ 2 มิลลิลิตร/ตัว ทั้งนี้ กรณีลูกไก่อายุ 2 วัน ทำการเก็บเลือดจาก jugular vein โดยใช้ tuberculin syringe ขนาด 2 มิลลิลิตร โดยเก็บเลือดปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร/ตัว ตัวอย่างเลือดที่ได้จะบรรจุในหลอดเก็บเลือดที่ไม่ได้ใส่สร้างป้องกันการแข็งตัวของเลือด จัดวางหลอดเก็บเลือดไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นทำการปั่นแยกเก็บซีรั่ม ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนที่ความเร็ว 20,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นทำการแยกตัวอย่างที่ได้ใส่ในหลอดทดลองพลาสติกขนาด 2.5 มิลลิลิตร และทำการเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิที่ -20°C เพื่อทำการตรวจหาระดับภูมิคุ้มกันต่อไป

การตรวจและการแปลผลระดับภูมิคุ้มกันต่อการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส

การตรวจระดับภูมิคุ้มกันต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสด้วยชุดตรวจสอบเชิงพาณิชย์ชนิด Indirect ELISA (ID Screen® Avian Metapneumovirus Indirect) โดยขั้นตอนเป็นไปตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ สามารถนำมาแปลผลการทดสอบจากค่า S/P ratio ดัง Equation 2:

$$S/P\ ratio = (OD_{sample} - OD_{NC}) / (OD_{PC} - OD_{NC}) \quad (2)$$

ทั้งนี้ ค่า OD หมายถึงค่าความหนาแน่นเชิงแสง (optical density) ส่วน NC และ PC หมายถึงกลุ่มควบคุมเชิงลบ (negative control) และกลุ่มควบคุมเชิงบวก (positive control) ตามลำดับ การแปลผลการทดสอบกำหนดให้ผลเป็นลบเมื่อค่า S/P ratio น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 และผลเป็นบวกเมื่อค่า S/P ratio มากกว่า 0.2 นอกจากนี้ สามารถแปลงค่า S/P ratio เป็นค่าไตเตอร์ Equation 3:

$$\text{Titer} = 20^{[a \times \log 20(\text{S/P ratio}) + b]} \quad (3)$$

โดยที่ a = 2.09 และ b = 3.360 เป็นค่าคงที่ของชุดตรวจ ID Screen® Avian Metapneumovirus Indirect

ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาตามอายุไก่ 2 วัน และ 4, 6, 8, 20, 22 และ 24 สัปดาห์ และบริเวณพื้นที่เลี้ยงไก่ในส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนท้ายของโรงเรือน พบระดับไตเตอร์แอนติบอดีต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสที่มีความแตกต่างในแต่ละอายุ ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาเฉพาะตามช่วงอายุไก่ พบว่าร้อยละของแอนติบอดีที่แสดงถึงผลบวกต่อการตอบสนองการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสมีค่ามากในไก่อายุ 2 วัน และไก่อายุ 22 และ 24 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาตามบริเวณพื้นที่เลี้ยงไก่ภายในโรงเรือน พบว่าร้อยละแอนติบอดีที่แสดงถึงผลบวกต่อการตอบสนองการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสในส่วนหน้าเท่ากับ 58.57 ส่วนกลางเท่ากับ 67.25 ส่วนท้ายของโรงเรือน 78.57 และผลค่าเฉลี่ย เท่ากับ 68.09

ตารางที่ 2 ระดับไตเตอร์แอนติบอดีต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส ตามอายุไก่ และบริเวณพื้นที่เลี้ยงไก่ในโรงเรือน

บริเวณพื้นที่เลี้ยงไก่	ระดับไตเตอร์แอนติบอดี ต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส ตามอายุไก่						
	2 วัน	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์	20 สัปดาห์	22 สัปดาห์	24 สัปดาห์
ส่วนหน้า	3306.44	67.92	257.82	352.44	3688.70	5425.67	3306.44
ส่วนกลาง	2492.28	276.00	226.47	2227.24	4064.72	7667.52	2492.28
ส่วนท้าย	2803.72	483.04	940.00	2703.63	3992.93	4354.20	2803.72
ค่าเฉลี่ย	2867.45	242.32	404.76	2424.40	3925.45	5825.76	2867.45
ร้อยละแอนติบอดีผลบวก	200.00	23.33	6.66.00	63.33	93.33	200.00	200.00

วิจารณ์ผลการทดลอง

เชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสจัดเป็นเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินหายใจในสัตว์ปีกหลายชนิด โดยเฉพาะในไก่ และไก่งวง สัตว์ปีกได้รับเชื้อผ่านทางการหายใจ (Kaboudi and Lachheb, 2022) สัตว์ปีกที่ป่วยจะแสดงอาการเบื่ออาหาร น้ำมูกไหล หายใจหอบ ไอ จาม เยื่อบุตาอักเสบ และมีการบวมน้ำของชั้นใต้ผิวหนังบริเวณศีรษะและใบหน้า หรือเรียกว่า Swollen-Head Syndrome (Ganapathy et al., 2006) ส่งผลให้ไก่ไข่รุ่นเจริญเติบโตช้า น้ำหนักลดลง หรือมีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไข่ในอนาคต (Ali et al., 2019; Park et al., 2022) การตอบสนองทางภูมิคุ้มจะพบหลังจากติดเชื้อเป็นเวลา 2 วัน (Goraichuk et al., 2024) และสามารถตรวจสอบระดับแอนติบอดีในน้ำเลือดหลังจากการติดเชื้อเป็นเวลา 20 วัน โดยระดับแอนติบอดีจะมีระดับสูงสุดในวันที่ 24 หลังจากการติดเชื้อ (Ganapathy et al., 2006) ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสในไก่ไข่รุ่นที่เลี้ยงในโรงเรือน โดยใช้วิธี Indirect ELISA ที่อายุ 2 วัน และทุก ๆ 24 วัน เมื่อไก่อายุ 4 สัปดาห์ เพื่อติดตามการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสในระดับฝูงภายในฟาร์มไก่ไข่รุ่น ไก่อายุ 2 วันพบค่าร้อยละไตเตอร์แอนติบอดีที่แสดงผลบวกเท่ากับ 200 โดยผลดังกล่าวมาจากแอนติบอดีที่ส่งผ่านจากแม่ไก่สู่ลูกไก่ ซึ่งแอนติบอดีเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการติดเชื้อในช่วงแรกของการเลี้ยง (Ganapathy et al., 2006; Oni and Adedipe, 2025) อย่างไรก็ตาม เมื่อไก่อายุ 4 และ 6 สัปดาห์ ค่าร้อยละของ

ระดับแอนติบอดีผลบวกลดลงอย่างมาก และมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 6.66 ซึ่งระดับแอนติบอดีที่ลดลงนี้ส่งผลให้เพิ่มโอกาสในการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสจากสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่ (Park et al., 2022; Ali et al., 2029) พบว่าเมื่อไก่อายุ 8 สัปดาห์ มีค่าร้อยละไตเตอร์แอนติบอดีผลบวกต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสเพิ่มสูงขึ้น เท่ากับ 200 ในไก่อายุ 22 และ 24 สัปดาห์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าร้อยละไตเตอร์แอนติบอดีของไก่ในช่วงอายุ 8, 20, 22 และ 24 สัปดาห์ เป็นผลจากการตอบสนองต่อการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสภายในโรงเรือน (Park et al., 2022; Ali et al., 2029) ประกอบกับทางฟาร์มไม่มีแนวทางการให้วัคซีนเอเวียนเมตานิวโมไวรัสในไก่ทุกช่วงอายุ ดังนั้นค่าแอนติบอดีที่กลับมาเพิ่มขึ้นดังกล่าวแสดงถึงระยะเริ่มต้นของการติดเชื้อและการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสภายในฟาร์มที่ไม่มีประวัติการให้วัคซีนเอเวียนเมตานิวโมไวรัส (Bäyon-Auboyer et al., 2000; Park et al., 2022; Ali et al., 2029). ผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าร้อยละระดับแอนติบอดีที่แสดงถึงผลบวกต่อการตอบสนองการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัสในส่วนท้ายของโรงเรือนมีค่าเท่ากับ 75 ซึ่งมากกว่าส่วนหน้า (52.66) และส่วนกลางของโรงเรือน (62.66) เนื่องจากระบบการระบายอากาศภายในโรงเรือนที่จะดึงอากาศ ฝุ่น และไอความร้อนจากตัวไก่ จากส่วนหน้ามาส่วนท้ายของโรงเรือน ประกอบกับมูลไก่จะถูกลำเลียงด้วยสายพานมาลงในบ่อเกรอะที่ส่วนท้ายของโรงเรือน ส่งผลให้คุณภาพของอากาศในส่วนท้ายของโรงเรือนลดลง โดยเฉพาะการสะสมของก๊าซแอมโมเนียในส่วนท้ายของโรงเรือนที่มีระดับสูงกว่าส่วนหน้าและส่วนกลาง ก๊าซแอมโมเนียในระดับสูงจะก่อให้เกิดการระคายเคือง และหลุดลอกของเซลล์เยื่อบุทางเดินหายใจ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสในการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส ร่วมถึงเชื้อฉวยโอกาสชนิดอื่นภายในโรงเรือน (McMullin, 2020; Kaboudi and Lachheb, 2022; Swelum et al., 2022; Goraichuk et al., 2024) ดังนั้นการระบายอากาศภายในโรงเรือนจัดเป็นสิ่งสำคัญที่ทางฟาร์มควรดำเนินการให้เหมาะสมตามช่วงอายุของการเลี้ยง ตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ นอกจากนี้ผลการศึกษาแสดงภาพรวมของระดับแอนติบอดีในฝูงที่ตอบสนองต่อการติดเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส ซึ่งจัดเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการกำหนดแผนการให้วัคซีนต่อเชื้อเอเวียนเมตานิวโมไวรัส

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าของฟาร์มไก่แห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรีที่ได้เปิดโอกาสให้เข้าไปเก็บตัวอย่างเพื่อมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ขอบคุณแหล่งทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากโครงงานวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (โครงการ วมว. มก.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เอกสารอ้างอิง

Ali, M.Z., Park, J., Shin, H. 2019. Serological survey of avian metapneumovirus infection in chickens in Bangladesh. J. Appl. Poult. Res. 28: 2330–2334.

Bäyon-Auboyer, M.H., Arnauld, C., Toquin, D., Eterradossi, N. 2000. Nucleotide sequences of the F, L and G protein genes of two non-A/non-B avian pneumoviruses (APV) reveal a novel APV subgroup. J. Gen. Virol. 82: 2723–2733.

Cecchinato, M., Lupini, C., Ricchizzi, E., Falchieri, M., Meini, A., Richard, C.J., Catelli, E. 2022. Italian field survey reveals a high diffusion of avian metapneumovirus subtype b in layers and weaknesses in the vaccination strategy applied. Avian Dis. 56: 720–724.

Ganapathy, K., Todd, V., Cargill, P., Montiel, E., Jones, R.C. 2006. Interaction between a live avian pneumovirus vaccine and two different Newcastle disease virus vaccines in broiler chickens with maternal antibodies to Newcastle disease virus. Avian Pathol. 35: 429–434. doi.org/10.1080/03079450601007518

Goraichuk, I.V., Torchetti, M.K., Killian, M.L., Kapczynski, D.R., Sary, K., Kulkarni, A., Suarez, D.L. 2024. Introduction of avian metapneumovirus subtype a to the United States: Molecular insights and implications. Front. Microbiol. 25: 2428248. doi.org/10.3389/fmicb.2024.1428248

Kaboudi, K., Lachheb, J. 2022. Avian metapneumovirus infection in turkeys: A review on turkey rhinotracheitis. J. Appl. Poult. Res. 30: 200222.

McMullin, P.F. 2020. Diseases of poultry, 24th ed. John Wiley & Sons. Hoboken, NJ, USA.

Nguyen, V.G., Chung, H.C., Do, H.Q., et al. 2022. Serological and molecular characterization of avian metapneumovirus in chickens in Northern Vietnam. Vet. Sci. 8: 20.

Oni, O.O., Adedipe, O.D. 2025. Role of maternally derived antibody in Newcastle disease vaccination. Niger. Vet. J. 33: 499–504.

Park, J.E., Lee, D.W., Shin, H.J. 2022. Serological survey of antibodies against avian metapneumovirus in Korean chicken flocks. J. Appl. Poult. Res. 20: 573–576.

Salles, G., Pilati, G., Muniz, E.,et al. 2023. Trends and challenges in the surveillance and control of avian metapneumovirus. Viruses. 25: 2960.

Swelum, A.A., El-Saadony, M.T., Abd El-Hack, M.E., et al. 2022. Ammonia emissions in poultry houses and microbial nitrification as a promising reduction strategy. Sci. Total Environ. 776: 246978.

Wanarat, S., Sukmak, M., Witoonsatian, K. 2022. Molecular characterization of avian metapneumovirus isolated from turkey in Thailand. In: Proceedings of the 29th Kasetsart University Annual Conference. Nakhon Pathom, Thailand. 228–233.

World Organisation for Animal Health (WOAH). 2023. Terrestrial animal health code. WOAH. Paris, France.

สาขาประมง

(Subject: Fisheries)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แสงไฟ Light-Emitting Diode (LED) เปรียบเทียบกับหลอดไฟ Metal Halide Lamps (MHL) เพื่อการประมงอวนครอบหมึก ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

A study on the efficiency of light-emitting diode (LED) compared with metal halide lamps (MHL) in squid falling net fisheries in Chanthaburi province

จิตราพร เขมะสุข[a], **วชิระ ใจงาม**[b,*], **ธนัสพงษ์ โภควนิช**[b]
Jitrapohn Khaemasook[a], Wachirah Jaingam[b,*], Tanuspong Pokavanich[b]
[a]บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[b]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุเทพฯ 10900
[a]The graduate school, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
[b]Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: wachirah.j@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอดไฟ Light Emitting Diode (LED: ความยาวคลื่น 480–580 นาโนเมตร) และหลอดไฟ Metal Halide (MHL: ความยาวคลื่น 380–780 นาโนเมตร) ในการทำประมงอวนครอบหมึก โดยพิจารณาปริมาณและอัตราการจับสัตว์น้ำ องค์ประกอบชนิดและขนาดของสัตว์น้ำที่จับได้ รวมถึงอัตราการใช้พลังงาน การเก็บข้อมูลภาคสนามดำเนินการระหว่างวันที่ 24–29 มีนาคม พ.ศ. 2568 โดยติดตั้งระบบไฟ LED และ MHL บนเรือประมงอวนครอบหมึกขนาด 27.3 ตันกรอส ทำการประมงในพื้นที่ทะเลนอกชายฝั่งจังหวัดจันทบุรี สลับการใช้หลอดไฟแต่ละชนิดชนิดละ 12 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 24 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการจับสัตว์น้ำรวมของการทำประมงด้วยหลอดไฟ LED และไฟ MLH ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (LED = 443 kg, MHL = 340 kg) รวมทั้งอัตราเฉลี่ยการจับ (CPUE) ต่อวัน มีค่าที่ต่างกันเล็กน้อยเท่ากับ 34.2 kg/วัน (LED = 147.4 kg/วัน, MHL = 113.2 kg/วัน) ในขณะที่ปริมาณรวมของสัตว์น้ำเป้าหมาย (หมึกกล้วย *Uroteuthis* spp.) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าที่ต่างกัน 73 kg (LED = 255 kg, MHL = 182 kg) นอกจากนี้ การทำประมงโดยใช้ไฟ LED มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 11.92 เมื่อเทียบกับการใช้ไฟ MHL แสดงให้เห็นว่าหลอดไฟ LED มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำประมงและลดการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับหลอดไฟแบบดั้งเดิม
คำสำคัญ: หมึกกล้วย, หลอดไฟแอลอีดี, หลอดเมทัลฮาไลด์, อวนครอบหมึก, อัตราการจับสัตว์น้ำ, อัตราการใช้น้ำมัน

Abstract

This study aimed to compare the efficiency of Light Emitting Diode (LED; wavelength 480–580 nm) and Metal Halide (MHL; wavelength 380–780 nm) were used in squid falling net fisheries. The comparison focused on catch quantity and catch rate, species composition, catch of target species (squids), mantle length of squids and fuel consumption. Field data were collected from 24 to 29 March 2025 using a squid falling net fishing vessel with a gross tonnage of 27.3 tons operating in offshore waters of Chanthaburi Province, Thailand. The LED and MHL lamps were alternately installed on the vessel, with each type of lamb used for 12 fishing operations, resulting in a total of 24 fishing trips. The results indicated that fishing operations using LED lamps produced a few higher total catches (443 kg) than those using MHL lamps (340 kg) same as the difference of the average daily (4 times operation) catch rate showed around 34.2 kg/day (147.4 kg/day for LED lamps, 113.2 kg/day for MHL lamps). However, the data of total catch of the target species (*Uroteuthis* spp.) revealed the significantly higher difference ($p < 0.05$), LED lamps (255 kg) compared to MHL lamps (182 kg). Furthermore, it can be observed that the average amount of fuel used in fishing with LED lamps decreased by approximately 11.92% than those of the conventional MHL lamps. These findings suggest that LED lamps can enhance fishing in squid falling nets and sustain the fisheries ecosystem.
Keywords: Catch rate, CPUE, Fuel consumption, LED, Light-emitting diode, Metal halide, MHL, Squid Falling Net

คำนำ

การใช้แสงไฟในการทำประมงเป็นเทคนิคที่ได้รับการพัฒนาและประยุกต์ใช้อย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน (Nguyen and Winger, 2019; Nhat et al., 2023) โดยเฉพาะในการทำประมงอวนครอบหมึก ซึ่งอาศัยแสงไฟเพื่อดึงดูดสัตว์น้ำเป้าหมาย ปัจจุบันเครื่องมืออวนครอบหมึกได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย (อัศนีย์ และ อิสระ, 2563) โดยมีหมึกกล้วยเป็นสัตว์น้ำเป้าหมายหลัก อย่างไรก็ตาม ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ปริมาณการจับหมึกกล้วยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง สวนทางกับต้นทุนน้ำมัน ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (กรมประมง, 2559–2567; มารุต และ ศักดิ์ชาย, 2561) ซึ่งถือเป็นต้นทุนหลักในการทำประมงอวนครอบหมึกต่อหนึ่งเที่ยวการทำประมง (Nguyen et al., 2022) ปัจจุบันชาวประมงส่วนใหญ่ยังคงใช้หลอดไฟแบบ Metal Halide (MHL) ซึ่งใช้พลังงานสูง ในขณะที่หลอดไฟ Light Emitting Diode (LED) เป็นเทคโนโลยีทางเลือกที่ใช้พลังงานต่ำ ให้ประสิทธิภาพด้านแสงสว่างสูง และมีอายุการใช้งานยาวนาน (มนตรี, ม.ป.ป.) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลสนับสนุนทางวิชาการเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการจับสัตว์น้ำจากการใช้หลอดไฟ LED ยังมีอยู่อย่างจำกัด ประกอบกับต้นทุนราคาเริ่มต้นที่สูง ส่งผลให้การนำไปใช้งานยังไม่แพร่หลาย ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำประมงอวนครอบหมึก โดยใช้หลอดไฟ LED เปรียบเทียบกับหลอดไฟ MHL แบบดั้งเดิม จากปริมาณการจับสัตว์น้ำ องค์ประกอบชนิดและขนาดของสัตว์น้ำที่จับได้ รวมถึงการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการทำประมง เพื่อหาแนวทางสนับสนุนแนวทางการทำประมงอย่างมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุน มุ่งสู่เป้าหมายการพัฒนาการประมงอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ เรือประมงอวนครอบหมึกพาณิชย์ขนาด 27.3 ตันกรอส (ขนาดความยาว13.5 เมตร ความกว้าง 4.85 เมตร ความลึก 2 เมตร) ติดตั้งหลอดไฟ Light Emitting Diode (LED) และ Metal Halide (MHL) ประเภทละ 18 หลอด กำลังไฟหลอดละ 1,000 วัตต์ พร้อมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการศึกษาประกอบด้วย เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Ocean Optics รุ่น HR4000CG-UV-NIR) เครื่องชั่งน้ำหนักสัตว์น้ำ (OHAUS™ รุ่น PX5202, 0.01g/5200g และเครื่องชั่งขนาด 60 กิโลกรัม) กระดานวัดขนาดสัตว์น้ำ ถังน้ำมันสำรองขนาด 20 ลิตร และกระบอกตวงน้ำมันขนาด 5 ลิตร

การศึกษานี้ดำเนินการในเขตทะเลนอกชายฝั่งจังหวัดจันทบุรี ละติจูดที่ 12°24.803 เหนือและลองจิจูดที่ 101°49.618 ตะวันออก (Fig. 1)

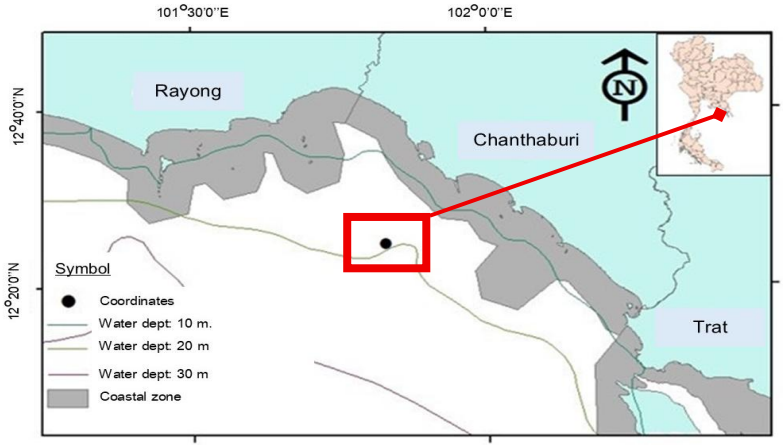


Fig. 1 Location of study area (Latitude, Longitude: 12°24.803, 101°49.618)

ดำเนินการเก็บข้อมูลการศึกษาระหว่างวันที่ 24–29 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2568 รวม 6 วัน โดยทำการประมงวันละ 4 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 24 ครั้ง เริ่มดำเนินการตั้งแต่ 19.00–05.00 น.

วิธีการศึกษา

1. ทดสอบและบันทึกข้อมูลสเปกตรัมแสงของหลอดไฟทั้ง LED และ MHL ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ ในห้องปฏิบัติการ

2. บันทึกข้อมูลชนิด ปริมาณ และสุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำเป้าหมาย เพื่อชั่งและวัดขนาดรวมทั้งบันทึกน้ำหนักสัตว์น้ำรวม และน้ำหนักแยกรายชนิด

3. บันทึกข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ด้วยการวัดปริมาณน้ำมันก่อนและหลังการเปิดไฟล่อสัตว์น้ำทุกวัน โดยการโดยวัดระดับน้ำมันในถังน้ำมันย่อย (Day Tank) ก่อนเปิดไฟล่อสัตว์น้ำ ณ พิกัดพื้นที่ทำการประมง และเมื่อเสร็จสิ้นการทำประมงในช่วงเช้า จะทำการตวงวัดน้ำมันเพื่อบันทึกปริมาณการใช้น้ำมัน และนำไปคำนวณอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณอัตราการจับสัตว์น้ำต่อหน่วยการลงแรงประมง (Catch Per Unit Effort, CPUE) หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อครั้งการทำประมง) Equation 1:

$$\text{CPUE} = \frac{W}{D} \qquad (1)$$

โดยที่ CPUE คือ อัตราการจับสัตว์น้ำ (กิโลกรัม/ครั้ง), W คือ ปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ (กิโลกรัม) และ D คือ จำนวนครั้งของการทำประมง (ครั้ง) จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยของอัตราการจับสัตว์น้ำ โดยใช้ Equation 2

$$\overline{\text{CPUE}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \text{CPUEi}}{n} \qquad (2)$$

เมื่อ $\overline{\text{CPUE}}$ คือ อัตราการจับสัตว์น้ำเฉลี่ย (กิโลกรัม/ครั้ง), CPUEi คือ อัตราการจับสัตว์น้ำของเรือที่ขึ้นสัตว์น้ำเที่ยวเรือที่ i และ n คือ จำนวนครั้งของการทำประมง

2. ตรวจสอบการกระจายของข้อมูลอัตราการจับสัตว์น้ำรวมและสัตว์น้ำเป้าหมาย พบว่ามีการกระจายแบบปกติ จึงใช้สถิติ t-test เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง (กัลยา, 2546)

3. วิเคราะห์สัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำ โดยน้ำหนัก

4. คำนวณอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง โดยนำข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันจากการทำประมงโดยใช้หลอดไฟ LED และหลอดไฟ MHL ในการทำประมง 1 รอบ (1 รอบ = 1 วัน = 4 ครั้งการทำประมง) มาคำนวณหาอัตราการใช้น้ำมันเฉลี่ย หน่วยเป็น ลิตรต่อชั่วโมง โดยใช้ Equation 3:

$$\text{อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร)}}{\text{ระยะเวลาที่เปิดไฟล่อสัตว์น้ำ (ชั่วโมง)}} \qquad (3)$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แสงไฟล่อจากหลอดไฟ Light Emitting Diode (LED) เปรียบเทียบกับหลอดไฟ Metal Halide (MHL) ในการทำประมงอวนครอบหมึก พื้นที่นอกชายฝั่งทะเล จังหวัดจันทบุรี ผลการศึกษามีดังนี้

คุณลักษณะของสเปกตรัมแสงของหลอดไฟทั้งสองประเภท

ผลการตรวจวัดสเปกตรัมแสงด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ พบว่า หลอดไฟ LED สีเขียวมีสเปกตรัมแคบกว่า อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 480–580 นาโนเมตร และมีค่าความเข้มสูงสุดที่ช่วง 520–530 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงสีเขียวบริสุทธิ์ ในขณะที่หลอดไฟ MHL มีการกระจายพลังงานแสงครอบคลุมช่วงความยาวคลื่นประมาณ 380–780 นาโนเมตร โดยมีค่าสูงสุดในช่วง 540–550 นาโนเมตร และมีจุดสูงสุดรองในช่วงแสงสีน้ำเงินอมเขียวและสีแดงอ่อน แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของลักษณะการกระจายพลังงานแสงระหว่างหลอดไฟทั้งสองประเภทอย่างชัดเจน (Fig. 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ นพพร (2559) ซึ่งรายงานว่าหลอดไฟ MHL มีความยาวคลื่นที่เป็นจุดพีคหลักอยู่ในช่วง 545 นาโนเมตร รองลงมาเป็นความยาวคลื่น 571 465 และ 420 นาโนเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าหลอดไฟ MHL สามารถปลดปล่อยแสงครอบคลุมช่วงความยาวคลื่นที่กว้างและหลากหลายสี ในขณะที่ของหลอด LED จะมีจุดพีคหลักอยู่ในช่วง 524 นาโนเมตร และกระจุกตัวอยู่เฉพาะในช่วงแสงสีเขียวเท่านั้น

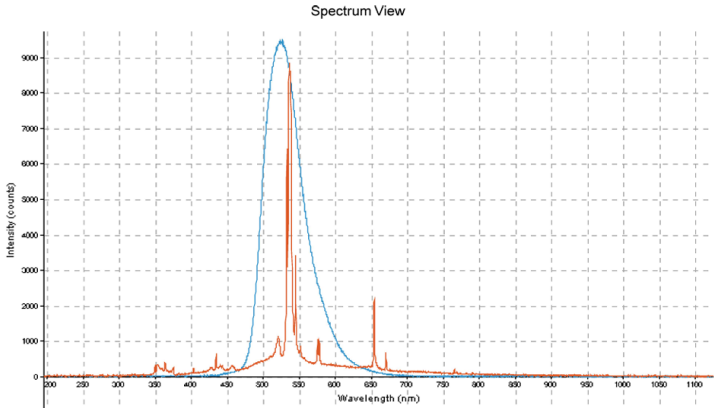


Fig. 2 Comparison of spectral distribution between a Metal Halide lamp (orange line) and a green LED lamp (blue line)

ปริมาณการจับสัตว์น้ำและองค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำ

การทำประมงอวนครอบหมึกด้วยการใช้หลอดไฟ MHL จำนวน 12 ครั้ง มีปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้รวม 340 กิโลกรัม แบ่งเป็นกลุ่มหมึก (Squids) 195 กิโลกรัม หมึกกล้วย (*Uroteuthis* spp.) 182 กิโลกรัม และหมึกหอม (*Sepioteuthis lessoniana*) 13 กิโลกรัม และกลุ่มสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ (Others) มีปริมาณรวม 145 กิโลกรัม โดยชนิดสัตว์น้ำที่พบมากประกอบด้วย วงศ์ปลาแป้น (Leiognathidae) ปลาสากดำ (*Sphyraena jello*) ปลาสีกุนข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) และปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*) อัตราการจับสัตว์น้ำเฉลี่ยต่อวัน (Catch per Day) เท่ากับ 113.2 กิโลกรัมต่อวัน (Table 1) ขณะที่การใช้หลอดไฟ LED จำนวน 12 ครั้ง มีปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้รวม 443 กิโลกรัม แบ่งเป็นกลุ่มหมึก (Squids) 278 กิโลกรัม โดยเป็นหมึกกล้วย (*Uroteuthis* spp.) 255 กิโลกรัม หมึกหอม (*S. lessoniana*) 22 กิโลกรัม และหมึกกระดองหนาม (*Sepia aculeata*) 1 กิโลกรัม และสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ อีกจำนวน 165 กิโลกรัม เมื่อคำนวณอัตราการจับสัตว์น้ำเฉลี่ยต่อวัน (Catch per Day) พบว่ามีค่าเท่ากับ 147.4 กิโลกรัมต่อวัน ทั้งนี้ หมึกกล้วย ซึ่งเป็นสัตว์น้ำเป้าหมายหลักสำหรับการใช้หลอดไฟ MHL และ หลอดไฟ LED คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 53.61 และ 57.30 ของปริมาณการจับสัตว์น้ำทั้งหมด ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำ พบว่าการใช้หลอดไฟ MHL มีสัตว์น้ำที่จับได้จำนวนทั้งหมด 7 ชนิด สามารถแบ่งเป็นกลุ่มสัตว์น้ำเป้าหมาย (Target species) ได้แก่ หมึกกล้วย (*Uroteuthis* spp.) ซึ่งพบ 2 ชนิด คือหมึกกล้วยชนิด *Uroteuthis duvaucelli* และชนิด *Uroteuthis chinensis* และกลุ่มสัตว์น้ำพลอยจับได้ (Bycatch) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ วงศ์ปลาแป้น ปลาสากดำ หมึกหอม และปลาชนิดอื่นๆ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำ พบว่าการใช้หลอดไฟ MHL มี

สัตว์น้ำที่จับได้จำนวนทั้งหมด 7 ชนิดในขณะที่การใช้หลอดไฟ LED มีสัตว์น้ำที่จับได้รวม 11 ชนิด แบ่งเป็นกลุ่มสัตว์น้ำเป้าหมาย ได้แก่หมึกกล้วย (*Uroteuthis* spp.) ซึ่งพบทั้ง 2 ชนิด เช่นเดียวกัน (*U. duvaucelli* และ *U. chinensis*) และกลุ่มสัตว์น้ำพลอยจับได้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ วงศ์ปลาแป้น ปลาสากดำ หมึกหอม และปลาชนิดอื่นๆ (Table 1)

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้หลอดไฟ LED สามารถเพิ่มสัดส่วนการจับสัตว์น้ำเป้าหมายได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของแสง LED ที่มีทิศทางและมีความยาวคลื่นเฉพาะอยู่ในช่วง 480–580 นาโนเมตร โดยมีความเข้มสูงสุดที่ช่วง 520–530 นาโนเมตร ซึ่งเหมาะสมต่อการตอบสนองทางพฤติกรรมของหมึก (นพพร, 2559) และใกล้เคียงกับช่วงความยาวคลื่นที่พบการกระจายตัวหนาแน่นของหมึกกล้วยที่ระดับความลึก 55–65 เมตร (Arakawa et al., 1998) อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวแตกต่างจากการศึกษาของ Nguyen et al. (2022) ซึ่งรายงานว่าหลอดไฟ MHL มีประสิทธิภาพสูงกว่า LED ในการจับหมึกกล้วยในประเทศเวียดนาม โดยความแตกต่างอาจเกิดจากสายพันธุ์หมึกและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ความลึก ความขุ่นของน้ำ ฤดูกาล และลักษณะพื้นที่ทำการประมง นอกจากนี้ นอกจากนี้ การใช้หลอดไฟ LED มีแนวโน้มดึงดูดสัตว์น้ำได้หลากหลายชนิดมากกว่าหลอดไฟ MHL โดยพบชนิดสัตว์น้ำรวม 11 ชนิด เทียบกับ 7 ชนิดจากการใช้หลอดไฟ MHL และสามารถจับสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เช่น ปลาทูแขก (*Decapterus maruadsi*) และปลาแป้น (*Leiognathus* spp.) ซึ่งอาจช่วยเพิ่มรายได้จากสัตว์น้ำพลอยจับได้ (Nguyen et al., 2022) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความหลากหลายของสัตว์น้ำที่จับได้อาจสะท้อนถึงความเสี่ยงด้านประสิทธิภาพการเลือกจับของเครื่องมือประมง ซึ่งควรมีการศึกษาผลกระทบเชิงลึกต่อความหลากหลายทางชีวภาพในอนาคต

Table 1 Species composition collected from squid falling-net fishing using metal halide light lamps (MHL) and light-emitting diode (LED) light sources

Common name	Scientific name	Species composition of MHL lamps		Species composition of LED lamps	
		(kg)	(%)	(kg)	(%)
Indian squid	*Uroteuthis* spp.	182	53.61	255	57.30
Bigfin reef squid	*Sepioteuthis lessoniana*	13	3.68	22	4.94
Needle cuttlefish	*Sepia aculeata*	-	-	1	0.22
Ponyfishes	Leiognathidae	119.3	35.14	135.9	30.54
Black barracuda	*Sphyraena jello*	25	7.36	27	6.07
Short mackerel	*Selaroides leptolepis*	0.3	0.09	-	-
Deepwater goldband goatfish	*Sargocentron rubrum*	0.1	0.03	-	-
Frigate tuna	*Rastrelliger kanagurta*	0.3	0.09	-	-
Indian mackerel	*Decapterus maruadsi*	-	-	0.1	0.02
Bigeye ponyfish	*Scomberoides commersonnianus*	-	-	0.2	0.04
Threadfin bream	*Nemipterus hexodon*	-	-	0.1	0.02
Yellowtail barracud	*Sphyraena obstsata*	-	-	1	0.67
Goldstripe sardinella	*Sardinella gibbosa*	-	-	0.3	0.07
Tiger bass	*Pomadasys maculatus*	-	-	0.4	0.09

ขนาดของสัตว์น้ำเป้าหมาย หมึกกล้วย (Uroteuthis spp.)

การศึกษาขนาดความยาวลำตัว (mantle length) ของหมึกกล้วย (*Uroteuthis* spp.) ที่จับได้จากการใช้หลอดไฟ LED และ MHL พบว่ามีขนาดที่ใกล้เคียงกัน โดยหมึกกล้วย *U. duvaucelii* และ *U. chinensis* ที่จับได้จากหลอดไฟ MHL มีขนาดความยาวลำตัวเฉลี่ย 9.77 และ 18.44 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่การใช้หลอดไฟ LED มีขนาดเฉลี่ย 9.84 และ 20.19 เซนติเมตร ตามลำดับ เห็นได้ว่าหลอดไฟ LED มีแนวโน้มล่อหมึกที่มีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลชีววิทยาการสืบพันธุ์ (มาโนช, 2532; อำนวย และคณะ 2553) พบว่าหมึกกล้วย *U. duvaucelii* ที่จับได้จากทั้งสองระบบไฟมีขนาดความยาวลำตัวเฉลี่ยมากกว่าขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเพศผู้ แต่ต่ำกว่าของเพศเมียเล็กน้อย หากแต่การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้จำแนกเพศ ซึ่งอาจส่งผลต่อการประเมินโครงสร้างประชากรของหมึกชนิดดังกล่าว ในส่วนหมึกกล้วย *U. chinensis* ที่จับได้ส่วนใหญ่มีขนาดเฉลี่ยมากกว่าขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของทั้งเพศผู้และเพศเมีย แสดงให้เห็นว่าการทำประมงอวนครอบหมึกที่ใช้หลอดไฟ LED มีศักยภาพในการเลือกจับหมึกที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ ไม่กระทบต่อหมึกวัยอ่อน สอดคล้องกับแนวคิดการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

การเปรียบเทียบอัตราการจับสัตว์น้ำ

ผลการทดสอบความแตกต่างของอัตราการจับสัตว์น้ำรวม เฉลี่ยที่จับได้จากเรือประมงอวนครอบหมึกระหว่างการใช้แสงไฟล่อจากหลอด MHL และหลอด LED โดยใช้ Independent Samples t-test พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.055) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยกลุ่มที่ใช้หลอด MHL มีอัตราการจับสัตว์น้ำรวม เฉลี่ยเท่ากับ 28.29 กิโลกรัม/ครั้ง ในขณะกลุ่มที่ใช้หลอด LED มีอัตราการจับสัตว์น้ำรวม เฉลี่ยเท่ากับเท่ากับ 37.08 กิโลกรัม/ครั้ง ซึ่งอัตราการจับสัตว์น้ำรวมสูงกว่าการใช้หลอดไฟ MHL เท่ากับ 8.79 กิโลกรัม/ครั้ง (Table 2)

Table 2 Catch rate of total aquatic (Aq) animals and total squid (Sq) using MHL and LED lights

Light type	Number of trials (n)	Mean catch rate (Kg/times)		SD		t		Sig	
		Aq	Sq	Aq	Sq	Aq	Sq	Aq	Sq
MHL	12	28.29	15.17	9.08	7.28	-2.023	-2.117	0.055	0.046
LED	12	37.08	21.25	11.42	6.78				

เมื่อพิจารณาเฉพาะสัตว์น้ำเป้าหมาย (Target species) คือ หมึกกล้วย พบว่า อัตราการจับระหว่างการใช้หลอดไฟ MHL และหลอดไฟ LED โดยใช้ Independent Samples t-test มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.046) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการใช้หลอดไฟ MHL มีอัตราการจับหมึกเฉลี่ยเท่ากับ 15.17 กิโลกรัม/ครั้ง ในขณะที่หลอดไฟ LED มีอัตราการจับหมึกเฉลี่ยเท่ากับ 21.25 กิโลกรัม/ครั้ง ซึ่งมีอัตราการจับสูงกว่าการใช้หลอดไฟ MHL เท่ากับ 6.08 กิโลกรัม/ครั้ง (Table 2)

5. การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

ผลการศึกษาพบว่าการใช้หลอดไฟ MHL มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 6.96 ลิตรต่อชั่วโมง ขณะที่การใช้หลอดไฟ LED มีอัตราการใช้น้ำมันเฉลี่ย 6.13 ลิตรต่อชั่วโมง ต่ำกว่าการใช้หลอดไฟ MHL 0.83 ลิตรต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 11.92 สอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับที่รายงานว่าหลอดไฟ LED มีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการทำประมง (นพพร, 2559; Matsushita et al., 2012; Nguyen et al., 2021; Nguyen et al., 2022; Nhat et al., 2023) ซึ่งปริมาณการน้ำมันที่ลดลงนี้ จะส่งผล

ต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ออกสู่ธรรมชาติ และไม่กระทบต่ออัตราการจับสัตว์น้ำเป้าหมาย (Nguyen et al., 2022) อันเนื่องมาจากคุณสมบัติของหลอดไฟ LED ที่สามารถควบคุมทิศทางและความเข้มของแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดภาระของระบบไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟบนเรือ ส่งผลให้ต้นทุนด้านพลังงานลดลงในระยะยาวหากเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟ LED (Matsushita et al., 2012; Nguyen et al., 2021)

สรุป

ผลการศึกษาพบว่าหลอดไฟ MHL ให้สเปกตรัมแสงที่ครอบคลุมช่วงความยาวคลื่นกว้าง ขณะที่หลอดไฟ LED สีเขียวมีสเปกตรัมแคบและกระจุกตัวอยู่ในช่วง 480–580 นาโนเมตร โดยมีความเข้มสูงสุดที่ 520–530 นาโนเมตร ซึ่งเหมาะสมต่อการล่อให้หมึกกล้วยให้เข้ามารวมกลุ่ม ในด้านผลผลิตการจับสัตว์น้ำ การใช้หลอดไฟ LED มีปริมาณการจับสัตว์น้ำรวมและอัตราการจับเฉลี่ยต่อวันสูงกว่าหลอดไฟ MHL แม้ปริมาณการจับสัตว์น้ำรวมจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะหมึกกล้วยซึ่งเป็นสัตว์น้ำเป้าหมาย พบว่าการใช้หลอดไฟ LED ให้อัตราการจับสูงกว่าหลอดไฟ MHL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านขนาดของหมึกกล้วย พบว่าหมึกที่จับได้จากการใช้หลอดไฟทั้งสองชนิด (*U. duvaucelii* และ *U. chinensis*) มีขนาดเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์และขนาดโอกาสแรกจับ แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือประมงอวนครอบหมึกที่ใช้แสงไฟล่อจากหลอดไฟ LED ไม่กระทบต่อหมึกกล้วยวัยอ่อน เหมาะสมต่อการทำประมงแบบยั่งยืน นอกจากนี้ การใช้หลอดไฟ LED ประกอบการประมงยังมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 11.92 เมื่อเทียบกับการใช้หลอดไฟ MHL สะท้อนถึงศักยภาพในการลดต้นทุนและการใช้พลังงาน โดยสรุป การใช้หลอดไฟ LED ในการทำประมงอวนครอบหมึกมีประสิทธิภาพในการจับสัตว์น้ำเป้าหมาย ควบคู่กับการลดต้นทุนด้านพลังงาน และมีศักยภาพในการนำไปใช้ในกิจการการทำประมงโดยใช้ไฟล่อ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการทำประมงอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือและการทวนสอบข้อมูลสำหรับการดำเนินงานวิจัย รวมถึงเจ้าของเรือและชาวประมงในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี รวมทั้งขอขอบคุณครอบครัวและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2559. สถิติการประมงทะเล2557. เอกสารฉบับที่1/2559. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2560ก. ปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มจากการทำการประมงพาณิชย์ 2559. เอกสารฉบับที่13/2560. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2560ข. สถิติการประมงทะเล 2558 สำรวจโดยวิธีสุ่มตัวอย่าง. เอกสารฉบับที่ 9/2560. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2561. ปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มจากการทำการประมงพาณิชย์ 2560. เอกสารฉบับที่ 9/2561. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2567. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2566. เอกสารฉบับที่11/2567. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. สถิติสำหรับการบริหารและการวิจัย. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มารุต จำลอง และ ศักดิ์ชาย นาคนก. 2561. การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อราคาน้ำมันสำเร็จรูปดีเซลและการพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซลในประเทศไทย. น. 818–828. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “Graduate School Mini-Conference 2018”. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพฯ.

มาโนช รุ่งราตรี. 2532. ฤดูวางไข่และชีววิทยาบางประการของหมึกกล้วย *Loligo duvauceli* Orbigny และ *Loligo chinensis* Gray บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 20/2532. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งตะวันออก, กองประมงทะเล, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

มนตรี เงาเดช. ม.ป.ป. การออกแบบและแสงสว่าง. เอกสารประกอบการสอน. คณะวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา.

นพพร วายาโม. 2559. การประยุกต์ใช้หลอดไฟฟ้าชนิดแอลอีดีสำหรับการทำประมงเพื่อการประหยัดพลังงาน. ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

อัศนีย์ มั่นประสิทธิ์ และ ชาญราชกิจ อ. 2563. ชุดเอกสารเผยแพร่เครื่องมือประมงสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัย: การประมงของประเทศไทยจากอดีตจนถึงห้วงเวลาการออกพระราชกำหนดประมง พ.ศ. 2558. สำนักงานฝ่ายฝึกอบรม ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้.

อำนวย คงพรหม, นิภา กุลานุจารี, อุดมสิน อักษรผอบ และ กฤษฎา ธงศิลา. 2553. การประเมินสภาวะทรัพยากรหมึกกล้วยชนิด *Photololigo chinensis* และ *P. duvaucelii* ในอ่าวไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่11/2553. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

Arakawa, H., Choi, S., Arimoto, T., Nakamura, Y. 1998. Relationship between underwater irradiance and distribution of Japanese common squid under fishing lights of a squid jigging boat. Fish. Sci. 64: 553–557.

Nguyen, K.Q., Tran, P.D., Nguyen, L.T., To, P.V., Morris, C.J. 2021. Use of light-emitting diode (LED) lamps in combination with metal halide lamps reduce fuel consumption in the Vietnamese purse seine fishery. Aquac. Fish. 6: 432–440.

Matsushita, Y., Azuno, T., Yamashita, Y. 2012. Fuel reduction in coastal squid jigging boats equipped with various combinations of conventional metal halide lamps and low-energy LED panels. Fish. Res. 125–126: 14–19.

Nhat, N.D., Tien, D.T., Van Dan, T., Quynh Tram, N.D., Lich, N.Q., Phuc, H.D., Phuoc, N.N. 2023. The effectiveness of light emitting diode (LED) lamps in the offshore purse seine fishery in Vietnam. Aquac. Fish. 8: 551–557.

Nguyen, L.T., Nguyen, T.P., Do, T.V., Nguyen, K.Q. 2022. Light-emitting diode (LED) lights reduce the fuel consumption and maintain the catch rate of stick-held falling net fisheries. Reg. Stud. Mar. Sci. 55: 102542.

Stock delineation of golden snapper (*Lutjanus johnii*, Bloch 1792) using otolith microchemistry and body morphometric analysis

Nutthapon Choopol[a], Jes Kettratad[a,*], Alongkot Fanka[b]

[a]Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

[b]Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: jes.K@chula.ac.th

Abstract

Accurate stock delineation is vital for the sustainable management of the commercially important golden snapper, *Lutjanus johnnii*. This study investigated the existence of distinct biological stocks between Songkhla and Surat Thani province in the Gulf of Thailand using an integrated approach of otolith microchemistry and morphometrics. Discriminant Function Analysis (DFA) on size-corrected morphometric residuals demonstrated a powerful separation (Wilks' lambda p = 0.0103), with a high overall accuracy of 90.63%. The primary morphological drivers were caudal fin height and pectoral fin length, reflecting adaptations to localized hydrodynamics. Microchemistry DFA on the otolith edge also confirmed significant delineation (Wilks' lambda p = 0.0083) with 85.29% accuracy. The most influential chemical tracers were As, Cu and K, indicating contrasting exposure to heavy metals and salinity regimes between the two nursery habitats. These findings provide robust, multi-proxy evidence for two separate management units of *Lutjanus johnnii* in the Gulf of Thailand, driven by unique environmental conditions during the juvenile phase. The study underscores the necessity of managing these regions as distinct biological stocks to ensure long-term fishery sustainability.

Keywords: Heavy metal tracer, Gulf of Thailand, *Lutjanus johnnii*, Otolith microchemistry, Stock delineation

Introduction

The golden snapper, *Lutjanus johnnii,* is a key target species in Southeast Asia. In this study, a "biological stock" is defined as a group of individuals isolated from others, exhibiting unique phenotypic and life-history traits driven by specific environmental interactions (Avigliano et al., 2015). This differs from a "fishery stock," which is defined by administrative boundaries. Crucially, biological stock identity is established by the occupancy of a common juvenile nursery habitat, where unique environmental signatures are imprinted (Hamer et al., 2003)

The species' biphasic life cycle involves offshore spawning followed by larval migration to mangrove or estuarine nursery grounds (Murugan, 2016). The fundamental principle of stock delineation is that distinct populations emerge when individuals share these common nurseries (Avigliano et al., 2016). Typically, juveniles remain in these coastal habitats for 1–2 years before recruiting to offshore reefs as adults (Yamada, 2010; Murugan, 2016), providing a critical window for environmental recording during their residency.

Recent advancements in otolith microchemistry provide a powerful, high-resolution tool to test this premise. The inert aragonitic matrix of the otolith sequentially incorporates trace elements from the ambient water, recording a permanent, chronological chemical fingerprint of the fish's residency and migration history (Campana and Thorrold, 2001). By analyzing the edge region of the otolith, the chemical signature corresponding directly to the early juvenile nursery phase can be isolated.

This research specifically focused on comparing two major fishing regions in the Gulf of Thailand: Surat Thani (S) province, situated in the upper-western Gulf of Thailand, and Songkhla (K) province, located in the lower-southwestern Gulf of Thailand. This comparison was strategically crucial because these areas are subject to distinct oceanographic and geographical regimes impede gene flow or larval dispersal. The Gulf of Thailand's seasonal circulation, driven by monsoon-driven gyres, dictates water mass movement (Anutaliya, 2023). Surat Thani's coastal waters are often characterized as part of the western Gulf of Thailand, subject to the broader seasonal circulation and coastal currents. In contrast, Songkhla province is positioned near the deeper shelf and is influenced by major river outflows, creating highly localized and potentially isolated hydrodynamic and chemical conditions (Phattananuruch and Pokavanich, 2024).

These geographical and hydrodynamic differences create unique, persistent environmental conditions in the respective nursery grounds, leading to both chemical divergence (reflected in otolith microchemistry) and phenotypic divergence (reflected in morphometrics). The study aimed to provide the most robust stock delineation possible by integrating both chemical and physical evidence. The primary hypothesis examined was whether a statistically significant difference exists between the Songkhla and Surat Thani stocks, driven by these unique environmental factors.

Materials and Methods

Sample collection and preparation

Samples of *Lutjanus johnnii* were obtained from local fisher in S and K, with 17 specimens collected from each location (n = 34). Given the life history of this species, individuals within this size and weight class correspond to approximately 1–2 years of age, a period when they are still resident in mangrove nursery grounds (Yamada, 2010). This ensures that all specimens represent the biological stock associated with their respective nursery areas. The sample size is sufficient for robust stock delineation analyses (Koolkalya et al., 2020; de Souza Corrêa et al., 2022). All fish were selected within a narrow body weight range (400 to 600 g) to minimize size-related bias. Standard procedures were followed to record weight, morphometric and meristic characters. The sagittal otoliths were carefully extracted by dissecting the skull near the operculum and below the eye, locating the otic capsule posterior to the neurocranium. Extracted otoliths were cleaned, placed in labeled vials, and dried in an oven at 50 °C for 1 hr.

Study area

The geographical locations of the two sampling sites were visualized to illustrate the distinct mesoscale oceanographic and coastal topographic differences that characterized the two study areas (Fig. 1).

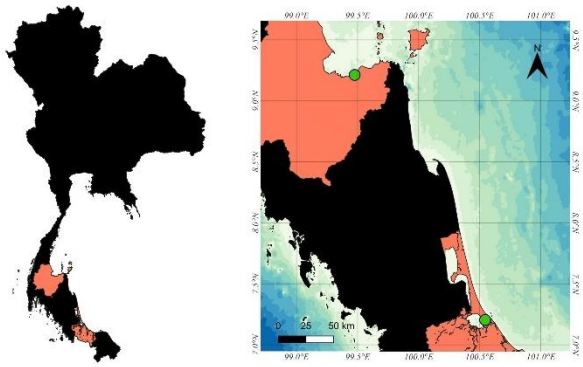


Fig. 1 Study area map showing the locations of the two distinct sampling provinces: Songkhla (K) and Surat Thani (S) province in the Gulf of Thailand.

Otolith sectioning and EPMA sample preparation

The dried otoliths were embedded in epoxy resin in rectangular molds and sectioned along the transverse plane using a low-speed diamond saw. The exposed sections were remounted into larger circular molds (three sections per mold) using fresh epoxy resin. These composite mounts were then subjected to sequential grinding and polishing using Struers Grinding and Polishing Equipment until the core and annuli were clearly visible.

The analysis was exclusively performed on the 'edge' region, which in this study is defined as the area of the otolith reflecting the nursery ground phase. Since *L. johnnii* spawn in offshore waters and larvae

subsequently transported to coastal nurseries (Murugan, 2016), the otolith core represents the initial offshore larval phase. In this study, the edge region reflects the chemical signature of the juvenile nursery phase within the coastal habitat. Because the specimens were still in their juvenile stage and had not yet migrated back to offshore adult habitats, the edge region accurately represents the nursery environment rather than the offshore capture site.

Chemical analysis and statistical methodology

Chemical analysis was performed using Electron Probe Micro Analysis (EPMA). The following 12 elemental ratios (relative to CaO) were quantified: sodium (Na), magnesium (Mg), arsenic (As), calcium (Ca), potassium (K), copper (Cu), titanium (Ti), mercury (Hg), manganese (Mn), nickel (Ni), lead (Pb), cadmium (Cd), and zinc (Zn)

Statistical Analysis was done using STATGRAPHICS. Prior to multivariate analysis, all statistical assumptions were verified. The microchemistry data (elemental ratios) were log-transformed to satisfy the assumption of normality and homogeneity of variance.

a) Morphometric Analysis: All 23 morphometric characters were measured, including Fork length, Head width, Head length, Body depth, Interorbital distance, Eye diameter, Pre-dorsal length, Dorsal fin height, Dorsal fin base length, Longest dorsal spine length, Pre-pectoral length, Pectoral fin length, Pectoral fin base length, Pre-anal length, Anal fin height, Anal fin base length, Caudal peduncle length, Caudal peduncle depth, Pre-pelvic length, Pelvic fin length, Pelvic fin base length, Caudal fin height, and Caudal fin base length. All 23 measurements were corrected for allometric growth by using residuals from simple regression ($Y = a + bX$, where X = Standard Length. This ensured that the subsequent analysis focused solely on differences in shape.
b) Multivariate Analysis and Stock Delineation:

- Principal Component Analysis (PCA) was applied to both the 23 Morphometric Residuals and the 12 Elemental Ratios to reduce the dimensionality of the datasets. The scores of the principal components retained were used as input variables for the subsequent DFA.
- Discriminant Function Analysis (DFA) was applied to the retained PC Scores to test the overall separation significance between Songkhla and Surat Thani province. Additionally, a single discriminant function was derived from the analysis to maximize the separation between the two predefined groups. The results provided *p* values (Wilks' lambda) and classification accuracy.
- The DFA Results were visualized using Boxplots of the LD1 Scores (Linear Discriminant Function 1 scores) to clearly illustrate the separation between the two stocks.

Results and Discussions

Both fish body morphometrics and otolith microchemistry provided statistically robust evidence for the delineation of the *Lutjanus johnnii* stocks between Songkhla (K) and Surat Thani (S) province. Significant differentiation was observed in both shape-based and elemental markers through Discriminant Function

Analysis (DFA), with *p* values indicating highly significant separations ($p < 0.05$). The high overall classification accuracies from both approaches further validate the existence of two separate biological stocks within these specific nursery habitats.

Morphometric stock delineation

The DFA applied to the retained PC scores from morphometric residuals demonstrated a highly significant separation (Wilks' lambda $p = 0.0103$) with a canonical correlation of 0.73262. The analysis derived one discriminant function, and the standardized discriminant function coefficients indicated that Caudal fin height (0.749024), Pectoral fin length (0.581124), and Pre-pectoral length (0.495938) were the primary characters contributing to the separation between the Songkhla and Surat Thani stocks. The overall classification accuracy was remarkably high at 90.63% (Table 1). The visualization using the Boxplot of LD1 Scores (Fig. 2) confirmed this strong divergence in shape signature.

Table 1 Classification performance of Discriminant Function Analysis (DFA) (Overall 90.63% accuracy).

Actual province	Size	Classified as Songkhla	Classified as Surat Thani
Songkhla	17	17 (100.00%)	0 (0.00%)
Surat Thani	17	3 (17.65%)	14 (82.35%)
Overall Accuracy	34		90.63%

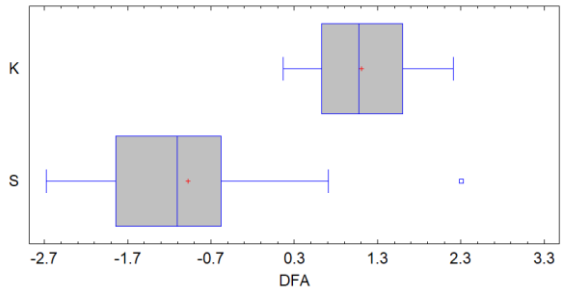


Fig. 2 Boxplot of Linear Discriminant Function 1 (LD1) Scores for morphometric residuals of Songkhla and Surat Thani province. The plot visually confirms the significant separation of the two stocks.

Microchemistry stock delineation

The DFA on the retained PC scores from the 12 elemental ratios provided a statistically significant confirmation for the stock delineation (Wilks' lambda $p = 0.0083$) with a canonical correlation of 0.80016. The discriminant function coefficients revealed that As:Ca (-0.96794), Cu:Ca (-0.729211), and K:Ca (0.628161) were the most influential chemical tracers driving the divergence. The overall classification accuracy was 85.29% (Table 2). This divergence is further supported by the Boxplot of LD1 Scores (Fig. 3).

Table 2 Classification performance of Discriminant Function Analysis (DFA) (Overall 85.29% accuracy).

Actual province	Count	Classified as Songkhla	Classified as Surat Thani
Songkhla	17	14 (82.35%)	3 (17.65%)
Surat Thani	17	2 (11.76%)	15 (88.24%)
Overall Accuracy	34		85.29%

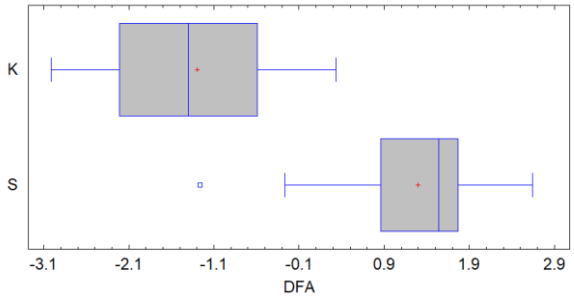


Fig. 3 Boxplot of Linear Discriminant Function 1 (LD1) Scores for otolith microchemistry of Songkhla and Surat Thani province. The plot illustrates the significant divergence in chemical profiles between the two.

The simultaneous statistical delineation by both morphology and microchemistry provides compelling evidence that *Lutjanus johnnii* in Songkhla (K) and Surat Thani (S) province constitute two distinct biological stocks.

The high classification accuracy (90.63%) in morphometrics was primarily driven by Caudal fin height, Pectoral fin length, and Pre-pectoral length. In fish biology, variations in fin morphology are often plastic responses to localized hydrodynamics and foraging strategies. The caudal fin is the primary generator of propulsion; a higher caudal fin often indicates an adaptation to sustained swimming or the need for rapid acceleration in complex environments (Langerhans, 2008). Similarly, pectoral fins are crucial for maneuverability and stabilization. Longer pectoral fins are typically found in fish inhabiting areas with higher water velocity or those requiring precise movement in structured habitats like dense mangroves (Langerhans and Reznick, 2009).

The divergence between the Songkhla and Surat Thani stocks likely reflects the contrasting physical energy of their environments. Songkhla's coastal area is influenced by the complex outflow from Songkhla Lake, creating different hydrodynamic forces compared to the more open-coastal system of Surat Thani province. These morphological shifts represent functional adaptations to optimize swimming performance and energy expenditure within their respective nursery grounds.

The microchemistry analysis (85.29% accuracy) identified Arsenic (As), Copper (Cu), and Potassium (K) as the most influential tracers. The incorporation of these elements into the otolith matrix reflects both natural hydrographic gradients and anthropogenic inputs during the residency period.

Potassium (K) is often used as a proxy for salinity and metabolic activity. Variations in K:Ca ratios are frequently linked to freshwater influx and estuarine residency (Brickle et al., 2016). The significant role of K in

separating the two stocks is consistent with the massive freshwater discharge from the Songkhla Lake system into the Songkhla nursery ground, creating a distinct salinity regime compared to the Surat Thani coast.

Arsenic (As) and Copper (Cu) are significant heavy metal tracers. Arsenic in coastal waters can originate from both geological weathering and agricultural runoff, while Copper is a common indicator of industrial activities and anti-fouling paints from shipping (Petit et al., 2013; Mallik et al., 2024). The divergence in these elements suggests that the two nursery grounds are subject to different levels of localized pollution. Songkhla province, being a major port and industrial hub, likely presents a higher exposure profile for these metals compared to the Surat Thani province sites.

The ability of these elements to discriminate between the two groups confirms that the "edge" region of the otolith successfully captured the unique environmental imprints of the nursery phase, during which the juveniles were geographically isolated.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no known financial or personal conflicts of interest that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the staff of the Department of Geology, Chulalongkorn University, for providing the EPMA laboratory support and expertise. We extend our gratitude to the local fishermen in Songkhla and Surat Thani province for their invaluable assistance with sample collection.

References

Anutaliya, A. 2023. Surface circulation in the Gulf of Thailand from remotely sensed observations: seasonal and interannual timescales. Ocean Sci. 19: 335–350.

Avigliano, E., Fortunato, R., Biolé, F., Dománico, A., Simone, S., Neiff, J.J., Volpedo, A. 2016. Identification of nurseries areas of juvenile Prochilodus lineatus (Valenciennes, 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) by scale and otolith morphometry and microchemistry. Neotrop. Ichthyol. 14: e160005.

Avigliano, E., Velasco, G., Volpedo, A. 2015. Use of lapillus otolith microchemistry as an indicator of the habitat of Genidens barbus from different estuarine environments in the southwestern Atlantic Ocean. Environ. Biol. Fishes 98: 2323–2332.

Brickle, P., Schuchert, P., Arkhipkin, A., Reid, M., Randhawa, H. 2016. Otolith trace elemental analyses of South American Austral hake, Merluccius australis (Hutton, 1872) indicates complex salinity structuring on their spawning/larval grounds. PLoS ONE 11: e0145479.

Campana, S.E., Thorrold, S.R. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 30–38.

de Souza Corrêa, G.M., Coletto, J.L., Castello, J.P., Miller, N.R., de Almeida Tubino, R., Monteiro-Neto, C., Costa, M.R. 2022. Identification of fish stock based on otolith as a natural marker: the case of Katsuwonus pelamis (Linnaeus, 1758) in the Southwest Atlantic Ocean. Fish. Res. 255: 106436.

Hamer, P.A., Jenkins, G.P., Gillanders, B.M. 2003. Otolith chemistry of juvenile snapper Pagrus auratus in Victorian waters: natural chemical tags and their temporal variation. Mar. Ecol. Prog. Ser. 263: 261–273.

Koolkalya, S., Trueman, C., Sawusdee, A., Jutagate, T. 2020. Determination of short mackerel Rastrelliger brachysoma (Bleeker, 1851) stocks in the Gulf of Thailand using otolith microchemistry. Asian Fish. Sci. 33: 221–230.

Langerhans, R.B. 2008. Predictability of phenotypic differentiation across flow regimes in fishes. Integr. Comp. Biol. 48: 750–768.

Langerhans, R.B., Reznick, D.N. 2009. Ecology and evolution of swimming performance in fishes: predicting evolution with biomechanics. In: Fish locomotion: an etho-ecological perspective. 200–248.

Mallik, A., Prusty, S., Chakraborty, P., Chandra Sukla Das, S., Bhushan, S. 2024. Fish otolith microchemistry as a biomarker of metal pollution in the estuarine ecosystem. IntechOpen.

Murugan, S. 2016. Successful spawning of John's snapper Lutjanus johnii (Bloch, 1792) under controlled conditions. Indian J. Fish. 63: 136–138.

Petit, J.C.J., Schäfer, J., Coynel, A., et al. 2013. Anthropogenic sources and biogeochemical reactivity of particulate and dissolved Cu isotopes in the turbidity gradient of the Garonne River (France). Chem. Geol. 359: 125–135.

Phattananuruch, K., Pokavanich, T. 2024. Monsoon-driven dispersal of river-sourced floating marine debris in tropical semi-enclosed waters: a case study in the Gulf of Thailand. J. Mar. Sci. Eng. 12: 2258.

Yamada, H. 2010. Age and growth during immature stages of the mangrove red snapper Lutjanus argentimaculatus in waters around Ishigaki Island, southern Japan. Fish. Sci. 76: 445–450.

การปรับปรุงวิธีการฆ่าเชื้อสำหรับเมล็ดและต้นกล้าของพลับพลึงธารในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

Optimization of sterilization methods for seeds and seedlings of *Crinum thaianum* in tissue culture

สิรินันท์ สุริวงษ์[a], ชัชรี แก้วสุรลิขิต[a], ปิยะวัฒน์ พรหมรักษา[b], ปัทมา ทองกอก[a,*]

Sirinun Suriwong[a], Chatcharee Kaewsuralikhit[a], Piyawat Promraksa[b], Pattama Tongkok[a,*]

[a]ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[b]สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระนอง 85120

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

[b]Andaman Coastal Research Station for Development, Kasetsart University, Ranong 85120, Thailand

*Corresponding author. E–mail address: pattama.tong@ku.th

บทคัดย่อ

พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) เป็นพืชน้ำเฉพาะถิ่นของประเทศไทยมีความสำคัญต่อระบบนิเวศทางน้ำ และมีการใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจหลายด้าน ปัจจุบันพลับพลึงธารมีจำนวนลดลงและมีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อพลับพลึงธารจากเมล็ดและต้นกล้าเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยไม่ทำลายแหล่งต้นพันธุ์ในธรรมชาติ โดยการศึกษากระบวนการฟอกฆ่าเชื้อของเมล็ดและต้นกล้าเอทิลแอลกอฮอล์ (EtOH) สารฟอกขาว (Haiter®) และเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกัน จากนั้นเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ภายใต้สภาวะควบคุม ที่อุณหภูมิ 25±2 °C ให้ความเข้มแสงที่ 40 µmol/m^2s เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน ผลการศึกษาหลังการเพาะเลี้ยง 3, 7 และ 14 วัน พบว่าการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดด้วย EtOH ความเข้มข้น 70% นาน 1 นาที ตามด้วย $HgCl_2$ ความเข้มข้น 1% นาน 5 นาที มีประสิทธิภาพสูงสุด หลังการเพาะเลี้ยง 14 วัน เมล็ดไม่มีการติดเชื้อและรอดชีวิต 100% เมล็ดงอก 66.67±11.55% ส่วนต้นกล้าพบการติดเชื้อ 41.67±14.43% และรอดชีวิต 58.33±7.22% ดังนั้นเมล็ดจึงเป็นชิ้นส่วนพืชที่มีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

คำสำคัญ: พลับพลึงธาร, พืชน้ำ, เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, ฟอกฆ่าเชื้อ, เมล็ด

Abstract

Crinum thaianum is an endemic aquatic plant of Thailand that plays a crucial role in the aquatic ecosystem and has several economic applications. Currently, the population of *C. thaianum* is declining and is at risk of extinction. This study aimed to find the optimal sterilization process for seeds and seedlings of *C. thaianum* for use in tissue culture without damaging the natural seed sources. The seed and seedling sterilizations using the sterilizing agents ethyl alcohol (EtOH), commercial bleach (Haiter®), and mercuric chloride ($HgCl_2$) at varying concentrations and sterilization time. Subsequently, they were cultured on MS medium under controlled conditions at a temperature of 25 ± 2 °C with a light intensity of 40 µmol/m^2s for 12 hours per day. The results were recorded after 3, 7 and 14 days of cultivation. The results showed that sterilization with 70% EtOH for 1 minute followed by 1% $HgCl_2$ for 5 minutes was the most effective. The seeds were uninfected and 100% survived after 14 days of cultivation. The percentage of germinated seed is 66.67±11.55%. For the seedlings, a contamination is 41.67±14.43 % and a survival percentage is 58.33±7.22%. Therefore, seeds are an appropriate explant for tissue culture in view of subsequent use.

Keywords: Aquatic plant, *Crinum thaianum*, Seed, Sterilization, Tissue culture

คำนำ

พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) เป็นพรรณไม้น้ำในวงศ์พลับพลึง (Amaryllidaceae) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศทางน้ำ ช่วยในการยึดเกาะป้องกันไม่ให้หน้าดินถูกชะล้าง ช่วยลดความแรงของกระแสน้ำ รวมทั้งช่วยดักจับตะกอนในแหล่งน้ำ และยังเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยและที่วางไข่ของสัตว์น้ำด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2563) พลับพลึงธารจัดเป็นพืชเฉพาะถิ่นของประเทศไทย พบได้เฉพาะในจังหวัดระนองและพังงา ปัจจุบันพลับพลึงธารพบในธรรมชาติเพียง 1% (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560) เนื่องจากปัญหาการขุดลอกคลองป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งมีพื้นที่คลองนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนองด้วยนั้น พบว่าพื้นที่ดังกล่าวมีขนาดกว้างขึ้น เนื่องจากตลิ่งพังเสียหาย น้ำในคลองเปลี่ยนเส้นทาง เป็นสาเหตุให้บริเวณคลองนาคา ที่เคยมีพลับพลึงธารอยู่อย่างหนาแน่นกลับมีน้อยลง (อิสราภรณ์ และคณะ, 2556) นอกจากนี้ยังมีการลักลอบขุดพลับพลึงธารไปขายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากมีราคาค่อนข้างสูง (ฟาร์มไม้น้ำภูเก็ต, 2568; Aquaticarts, 2025) จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตลอดจนการใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจของพลับพลึงธาร ส่งผลให้ปริมาณพลับพลึงธารในธรรมชาติลดลง (นิรันดร์รัตน์ และคณะ, 2559) สถานภาพของพลับพลึงธารในปัจจุบันจึงมีความเสี่ยงสูงต่อการสูญพันธุ์ และถูกจัดอยู่ในบัญชีพืชและสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์ของโลก (IUCN Red List of Threatened Species) ตั้งแต่วันที่ 14 พฤศจิกายน 2554 จึงมีการกำหนดให้วันที่ 14 พฤศจิกายน ของทุกปี เป็นวันอนุรักษ์พลับพลึงธารจนถึงปัจจุบัน (IUCN, 2021)

จากผลกระทบดังกล่าวจึงทำให้มีการนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเข้ามาใช้ในการขยายพันธุ์พลับพลึงธารเพื่อแก้ไขปัญหาเบื้องต้น เนื่องจากการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติใช้ระยะเวลานาน อีกทั้งการเพาะเลี้ยงในเรือนเพาะชำไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพลับพลึงธาร (สุภาภรณ์ และคณะ, 2564) ดังนั้นการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มจำนวนต้นพันธุ์ โดยสามารถขยายพันธุ์พลับพลึงธารได้จำนวนมากในเวลาจำกัด โดยไม่จำเป็นต้องรอให้ครบวงจรตามธรรมชาติถึง 3 ปี นอกจากนี้ยังสามารถรักษาความคงที่ทางพันธุกรรมของต้นพันธุ์แท้ไว้ได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2563) แม้ในอดีตจะมีความพยายามที่จะอนุรักษ์และเพิ่มจำนวนพลับพลึงธารผ่านเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แต่การได้มาของชิ้นส่วนพืช มักอาศัยวิธีการขุดหัวจากต้นพันธุ์ในแหล่งธรรมชาติ (แคทรียา และคณะ, 2018; วรรณดา และ รัฐภัทร์, 2551) ซึ่งอาจสร้างผลกระทบต่อแหล่งต้นพันธุ์โดยตรง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาการขยายพันธุ์พลับพลึงธารด้วยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจากเมล็ดและต้นกล้า เพื่อลดการทำลายแหล่งต้นพันธุ์ในธรรมชาติ เนื่องจากปัจจุบันยังไม่ปรากฏรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เมล็ดของพลับพลึงธารในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การศึกษาครั้งนี้จะช่วยเติมเต็มองค์ความรู้ทางวิชาการในประเด็นที่ยังมีข้อจำกัด เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญในการอนุรักษ์พันธุ์พลับพลึงธาร โดยศึกษากระบวนการฟอกฆ่าเชื้อ ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกและมีความสำคัญก่อนเข้าสู่กระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การศึกษาครั้งนี้มีการใช้สารฟอกฆ่าเชื้อเอทิลแอลกอฮอล์ (EtOH) สารฟอกขาว (Haiter®) และเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) โดยมีความเข้มข้น และใช้ระยะเวลาในการฟอกฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเตรียมชิ้นเนื้อเยื่อของพลับพลึงธารอย่างมีประสิทธิภาพ จนสามารถนำต้นพันธุ์ปลอดเชื้อที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ไปใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเมล็ดของพลับพลึงธาร

นำชิ้นส่วนเมล็ดของพลับพลึงธารมาคัดเลือกลักษณะที่มีความสมบูรณ์ (Fig. 1A) ก่อนเข้าสู่กระบวนการฟอกฆ่าเชื้อ โดยเมล็ดที่ใช้ในการฟอกฆ่าเชื้อจะต้องไม่มีร่องรอยการถูกทำลายจากศัตรูพืช หรือมีชิ้นส่วนเนื้อเยื่อที่ตาย (Fig. 1(B))

รวมทั้งเมล็ดต้องไม่ปรากฏ การงอกของรากหรือต้นกล้า (Fig. 1C) ดังนั้นเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์จาก Fig. 1B และ Fig. 1C จึงถูกคัดออกเพื่อนำไปอนุบาลเป็นต้นกล้าและนำเข้าสู่กระบวนการทดสอบการฟอกฆ่าเชื้อในขั้นตอนถัดไป

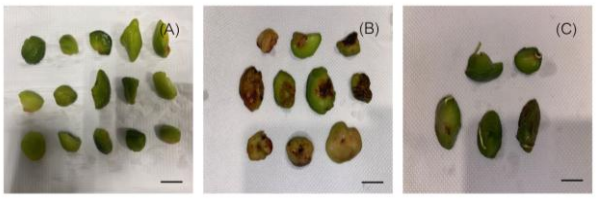


Fig. 1 Seed characteristics of *Crinum thaianum*: intact seeds (A); non–intact seeds (B); germinated seeds (C); Scale bar = 2 cm

การเตรียมต้นกล้าของพลับพลึงธาร

นำชิ้นส่วนเมล็ดของพลับพลึงธารที่มีร่องรอยการทำลายจากศัตรูพืช หรือมีชิ้นส่วนเนื้อเยื่อที่ตาย ซึ่งเป็นเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ (Fig. 1B) รวมถึงเมล็ดที่เริ่มงอกแล้ว (Fig. 1C) มาอนุบาลในวัสดุปลูก โดยใช้ทรายและสแฟกนัมมอสในอัตราส่วน 1:1 เพาะเมล็ดในแก้วพลาสติกที่ปิดฝามิดชิดเพื่อรักษาความชื้น (Fig. 2A) โดยอนุบาลไว้เป็นระยะเวลา 4 เดือน ภายใต้สภาวะควบคุม ที่อุณหภูมิ 25±2 °C และได้รับความเข้มแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนซ์ที่มีความเข้มแสง 40 μmol/m^2s เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน โดยรดน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 100 มิลลิลิตร จะได้ต้นกล้าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนหัว 0.7–1.0 cm (Fig. 2B) จากนั้นนำต้นกล้ามาตัดแต่ง โดยตัดใบและรากออกให้เหลือเฉพาะส่วนหัว (Fig. 2C) เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการทดสอบการฟอกฆ่าเชื้อต่อไป

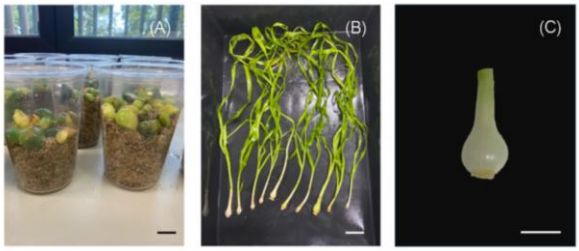


Fig. 2 Seedlings of *Crinum thaianum*: *C. thaianum* seeds after acclimatization in the substrate (A); Scale bar = 3 cm; *C. thaianum* seedlings after 4 months of acclimatization (B); Scale bar = 3 cm; the bulbs of *C. thaianum* seedlings for sterilization (C); Scale bar = 1 cm

การทดสอบการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดและต้นกล้าพลับพลึงธาร

นำเมล็ดพลับพลึงธารที่มีลักษณะสมบูรณ์ และต้นกล้าพลับพลึงธารที่ผ่านการตัดแต่งแล้วมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำเมล็ดและต้นกล้าพลับพลึงธารแช่ด้วยน้ำยาล้างจานความเข้มข้น 15% นาน 2 นาที ล้างน้ำยาล้างจานออกด้วยน้ำปลอดเชื้อจนกว่าฟองหมด หลังจากนั้นแช่ต่อด้วย เอทิลแอลกอฮอล์ 70% นาน 1 นาที ล้างออกด้วยน้ำปลอดเชื้อ 3 รอบ จากนั้นนำมาทดสอบวิธีการฟอกฆ่าเชื้อ 6 วิธี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ดังนี้ (Table 1)

วิธีที่ 1 ฟอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 ใช้สารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 10% นาน 10 นาที และฟอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 2 ใช้สารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 5% นาน 10 นาที

วิธีที่ 2 ฟอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 ใช้สารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 10% นาน 5 นาที และฟอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 2 ใช้สารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 5% นาน 10 นาที

วิธีที่ 3 ฟอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 ใช้สารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 10% นาน 10 นาที และฟอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 2 ใช้สารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 2.5% นาน 10 นาที

วิธีที่ 4 ฟอกฆ่าเชื้อโดยใช้สารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ความเข้มข้น 1% นาน 5 นาที

วิธีที่ 5 ฟอกฆ่าเชื้อโดยใช้สารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ความเข้มข้น 1% นาน 10 นาที

วิธีที่ 6 ฟอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 ใช้สารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 10% นาน 5 นาที และฟอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 2 ใช้สารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ความเข้มข้น 1% นาน 5 นาที

Table 1 Chemical concentration and sterilization time for the study on the seed and seedling of *Crinum thaianum*

Treatment	10% Haiter® (minutes)	5% Haiter ® (minutes)	2.5% Haiter® (minutes)	1% $HgCl_2$ (minutes)
Treatment 1	10	10	-	-
Treatment 2	5	10	-	-
Treatment 3	10	-	10	-
Treatment 4	-	-	-	5
Treatment 5	-	-	-	10
Treatment 6	5	-	-	5

หลังจากฟอกฆ่าเชื้อตามวิธีการข้างต้น นำเมล็ดและต้นกล้าพลับพลึงธารมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วจำนวน 3 ครั้ง จากนั้นนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็ง สูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติมน้ำตาลซูโครส 30 กรัม และ วุ้นตรานางเงือก® 7 กรัมต่ออาหาร 1 ลิตร เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อภายใต้สภาวะควบคุม ที่อุณหภูมิ 25±2 °C และได้รับความเข้มแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนซ์ที่มีความเข้มแสง 40 µmol/m^2s เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน โดยเก็บผลการทดลองหลังเพาะเลี้ยง 3, 7 และ 14 วัน ทดลองวิธีการละ 15 ซ้ำ เก็บข้อมูลและคำนวณเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อ ตาม Equation 1 เปอร์เซ็นต์การตาย ตาม Equation 2 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต ตาม Equation 3 และเปอร์เซ็นต์การงอก ตาม Equation 4:

$$\% \text{ Infection} = \frac{\text{Number of contaminated explants}}{\text{Total number of explants used in the experiment}} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ Mortality} = \frac{\text{Number of dead explants}}{\text{Total number of explants used in the experiment}} \times 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ Survival} = \frac{\text{Number of explants without contamination or death}}{\text{Total number of explants used in the experiment}} \times 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ Gemination} = \frac{\text{Number of geminated seeds}}{\text{Total number of survival seeds}} \times 100 \quad (4)$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) และนำเสนอค่าข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's post hoc test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดพลับพลึงธาร

จากการศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดพลับพลึงธาร 6 วิธี พบว่าการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่ 1, 2 และ 3 เป็นการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารฟอกขาว (Haiter®) เพียงอย่างเดียว โดยพบว่าหลังจากเพาะเลี้ยง 14 วัน การฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่ 1 เมล็ดมีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ 73.33±11.55% และมีการรอดชีวิต 26.67±11.55% สำหรับวิธีการที่ 2 และ 3 เมล็ดมีการปนเปื้อน 80±0.00% และมีการรอดชีวิต 20.00±0.00%ทั้ง 2 วิธีการ โดยผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทั้ง 3 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่วิธีการฟอกฆ่าเชื้อวิธีที่ 4, 5 และ 6 การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ความเข้มข้น 1% นาน 5 นาที การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ความเข้มข้น 1% นาน 10 นาที และการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 10% นาน 5 นาที ตามด้วยสารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ความเข้มข้น 1% นาน 5 นาที ตามลำดับ ไม่มีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์และมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 100.00% (Table 2) โดยเมล็ดที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อทั้ง 6 วิธี ไม่พบการตายของเนื้อเยื่อจากการถูกทำลายด้วยสารฟอกฆ่าเชื้อ จึงไม่มีรายงานเปอร์เซ็นต์การตายเกิดขึ้นในตารางแสดงผลการฟอกฆ่าเชื้อ มีเพียงเนื้อเยื่อที่ปนเปื้อนซึ่งไม่พบการตายของเนื้อเยื่อ และเนื้อเยื่อที่ไม่ปนเปื้อนนั้นรอดชีวิตทั้งหมด

เมื่อติดตามการพัฒนาของเมล็ด หลังเพาะเลี้ยงเมล็ดที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าเมล็ดที่ฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 4 (1% $HgCl_2$ 5 นาที) มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด 66.67±11.55% (Fig. 5) โดยพบการงอกตั้งแต่วันที่ 7 ของการเพาะเลี้ยง (Fig. 3 และ Fig. 4) ส่วนวิธีการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 5 และ 6 มีเปอร์เซ็นต์การงอก 46.67±11.55% และ 20.00±0.00% ตามลำดับ (Fig. 5) โดยต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อมีความสมบูรณ์และสามารถพัฒนาใบใหม่ได้ ใบที่เกิดใหม่ จากการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 4, 5 และ 6 มีความยาว 2.37±1.39 2.74±0.84 และ 3.04±0.43 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

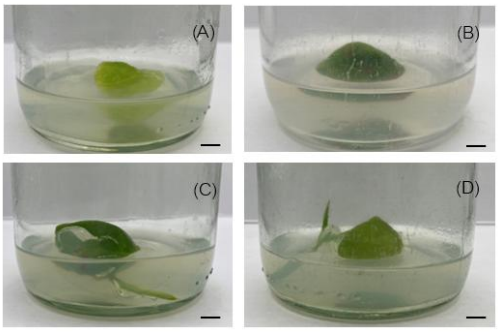


Fig. 3 *Crinum thaianum* seeds after surface sterilization with 1% $HgCl_2$ for 5 minutes (Treatment 4): 3 Days (A); 7 Days (B); 14 Days (C); and 30 Days of cultivation (D); Scale bar = 1 cm



Fig. 4 *Crinum thaianum* seeds after surface sterilization with 1% $HgCl_2$ for 5 minutes (Treatment 4) : 7 Days (A); and 30 Days of cultivation (B); Scale bar = 1 cm

Table 2 Effect of sterilizing agents of surface sterilization on the seeds of *Crinum thaianum*

Treatment	Percentage of contamination and survival (%)					
	3 Days		7 Days		14 Days	
	contamination	survival	contamination	survival	contamination	survival
T1	33.33±11.55^{b}	66.67±11.55^{b}	73.33±11.55^{b}	26.67±11.55^{b}	73.33±11.55^{b}	26.67±11.55^{b}
T2	13.33±11.55^{ab}	86.67±11.55^{ab}	80.00±0.00^{b}	20.00±0.00^{b}	80.00±0.00^{b}	20.00±0.00^{b}
T3	26.67±11.55^{b}	73.33±11.55^{b}	80.00±0.00^{b}	20.00±0.00^{b}	80.00±0.00^{b}	20.00±0.00^{b}
T4	0^{a}	100.00±0.00^{a}	0^{a}	100.00±0.00^{a}	0^{a}	100.00±0.00^{a}
T5	0^{a}	100.00±0.00^{a}	0^{a}	100.00±0.00^{a}	0^{a}	100.00±0.00^{a}
T6	0^{a}	100.00±0.00^{a}	0^{a}	100.00±0.00^{a}	0^{a}	100.00±0.00^{a}
F–test	*	*	*	*	*	*

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

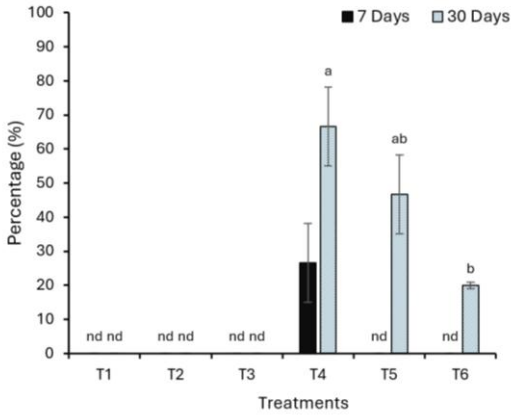


Fig. 5 Percentage of *Crinum thaianum* seeds germination; nd = not detected

ผลการฟอกฆ่าเชื้อต้นกล้าพลับพลึงธาร

จากการศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อต้นกล้าพลับพลึงธารทั้ง 6 วิธี พบว่าหลังเพาะเลี้ยง 14 วัน การฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่ 1 และ 3 ต้นกล้าทั้งหมดมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และไม่พบการรอดชีวิต ขณะที่การฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่ 2 ต้นกล้ามีการปนเปื้อน 85.00±13.23% และมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 15.00±13.23% (Table 3) ในขณะที่วิธีการฟอกฆ่าเชื้อวิธีที่ 4, 5 การฟอกฆ่าเชื้อ 1 ครั้ง ด้วยสารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ความเข้มข้น 1% ระยะเวลา 5 นาที และระยะเวลา 10 นาที ตามลำดับ ต้นกล้ามีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ 41.67±14.43% และ 38.33±12.58%

และมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 58.33±7.22% และ 61.67±12.58% ตามลำดับ ส่วนการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 6 เป็นการฟอกฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ด้วยสารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 10% นาน 5 นาที ตามด้วยสารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ความเข้มข้น 1% นาน 5 นาที ต้นกล้ามีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ 53.33±5.77% และมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 46.67±5.77% จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การฟอกฆ่าเชื้อต้นกล้าพลับพลึงธาร วิธีที่ 4 และ 5 มีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนน้อยที่สุดและเปอร์เซ็นต์รอดชีวิตสูงกว่าการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารฟอกขาวเพียงอย่างเดียว โดยผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีที่ 4 และ 5 และหลังเพาะเลี้ยงต้นกล้าต่อเนื่องอีก 30 วัน พบว่าต้นกล้าสามารถเจริญเติบโตและพัฒนาใบใหม่ขึ้นมาได้ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ (Fig. 6 และ Fig. 7) และจากการฟอกฆ่าเชื้อต้นกล้าพลับพลึงธารทั้ง 6 วิธี ไม่พบการตายของเนื้อเยื่อจากการถูกทำลายด้วยสารฟอกฆ่าเชื้อ โดยเนื้อเยื่อที่ปนเปื้อนนั้นไม่พบการตาย และเนื้อเยื่อที่ไม่ปนเปื้อนรอดชีวิตทั้งหมด

Table 3 Effect of sterilizing agents of surface sterilization on the seedlings of *Crinum thaianum*

Treatment	Percentage of contamination and survival (%)					
	3 Days		7 Days		14 Days	
	contamination	survival	contamination	survival	contamination	survival
T1	58.33±14.43^{c}	41.67±14.43^{c}	91.67±14.43^{c}	8.33±14.43^{c}	100.00±0.00^{c}	0^{c}
T2	30.00±8.66^{b}	70.00±8.66^{b}	61.67±12.58^{b}	38.33±12.58^{b}	85±13.23^{bc}	15.00±13.23^{bc}
T3	0^{a}	100.00±0.00^{a}	100±0.00^{c}	0^{c}	100±0.00^{c}	0^{c}
T4	8.33±14.43^{ab}	91.67±14.43^{ab}	8.33±14.43^{a}	91.67±14.43^{a}	41.67±14.43^{a}	58.33±7.22^{a}
T5	0^{a}	100.00±0.00^{a}	0^{a}	100.00±0.00^{a}	38.33±12.58^{a}	61.67±12.58^{a}
T6	0^{a}	100.00±0.00^{a}	0^{a}	100.00±0.00^{a}	53.33±5.77^{ab}	46.67±5.77^{ab}
F–test	*		*		*	*

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

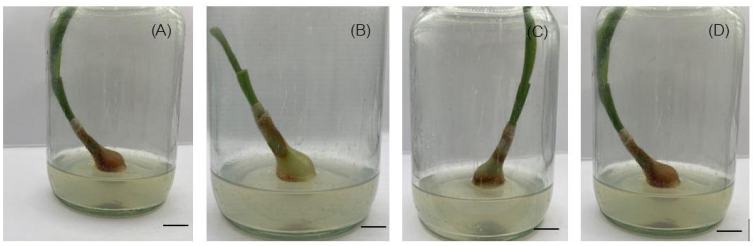


Fig. 6 *Crinum thaianum* seedlings after surface sterilization with 1% $HgCl_2$ for 5 minutes (Treatment 4): 3 Days (A); 7 Days (B); 14 Days (C); and 30 Days of cultivation. Scale bar = 1 cm

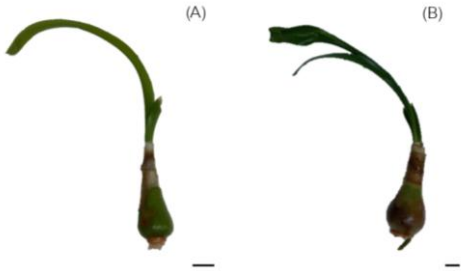


Fig. 7 *Crinum thaianum* seedlings after 30 days of cultivation: treated with 1% $HgCl_2$ for 5 minutes (A); treated with 1% $HgCl_2$ for 10 minutes (B); Scale bar = 1 cm

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดและต้นกล้าพลับพลึงธาร พบว่าเมล็ดพลับพลึงธารมีอัตราการรอดสูงกว่าต้นกล้าธารในทุกวิธี แสดงให้เห็นว่า เมล็ดมีความทนทานต่อสารฟอกฆ่าเชื้อ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของเมล็ดที่มีโครงสร้างแข็งแรง สามารถปกป้องเอ็มบริโอที่อยู่ภายในเมล็ดไม่ให้ได้รับผลกระทบจากสารฟอกฆ่าเชื้อได้ การใช้สารฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารฟอกขาว (Haiter®) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อทั้งในเมล็ดและต้นกล้าสูงถึง 73–100% ทำให้สูญเสียต้นพันธุ์จากการติดเชื้อจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รมณีย์ และคณะ (2560) ที่มีการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดพลับพลึงธาร โดยใช้สารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 8% นาน 20–25 นาที ร่วมกับ ใช้สารฟอกขาว (Haiter®) ความเข้มข้น 4 นาน 15 นาที พบว่าเนื้อเยื่อมีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์สูงถึง 90% นอกจากนี้การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารเมอคิวริกคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อและอัตราการงอกของเมล็ด โดยระยะเวลาที่มากขึ้นแม้จะช่วยลดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี แต่ก็ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ด จากการใช้สารเมอคิวริกคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1% ระยะเวลา 5 นาที และ 10 นาที โดยผ่านกระบวนการฟอกเพียงครั้งเดียวนั้นสามารถกำจัดเชื้อจากเมล็ดได้ 100% แต่เมื่อใช้เวลาในการฟอกฆ่าเชื้อเพิ่มเป็น 10 นาที เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำกว่า 5 นาที แสดงให้เห็นว่าการฟอกฆ่าเชื้อด้วย $HgCl_2$ เมื่อใช้ระยะเวลาที่นานขึ้นจะมีอิทธิพลต่อการงอกของเมล็ดพลับพลึงธาร จากการใช้สาร $HgCl_2$ ที่ความเข้มข้น 1% ระยะเวลา 5 นาที ฟอกฆ่าเชื้อเมล็ด สามารถกำจัดเชื้อได้สูงกว่าการใช้หัวจากต้นกล้าในการฟอกฆ่าเชื้อ การฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดจึงมีความเหมาะสมต่อการเตรียมชิ้นส่วนเนื้อเยื่อเพื่อเข้าสู่กระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เนื่องจากลักษณะต้นของพลับพลึงธารเป็นลำต้นใต้ดิน (bulb) (Tanming, 2015) ซึ่งมีโอกาสเกิดการปนเปื้อนได้สูงกว่าเมล็ด จากรายงานของ วรรณดา และ รัฐภัทร์ (2551) ที่มีการใช้ชิ้นส่วนหัวของต้นแม่ในการฟอกฆ่าเชื้อถึง 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 4% นาน 20 นาที และครั้งที่ 2 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารเมอคิวริกคลอไรด์ 2% นาน 10 นาที พบว่าเนื้อเยื่อมีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์เพียง 10% ซึ่งความเข้มข้นและระยะเวลาในการฟอกฆ่าเชื้อดังกล่าวสูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้ถึง 2 เท่า แสดงให้เห็นว่าส่วนหัวของพลับพลึงธารที่ถูกฝังอยู่ใต้ดินนั้น มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง การฟอกฆ่าเชื้อส่วนหัวซึ่งเป็นส่วนของลำต้นใต้ดินนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นและระยะเวลาที่มากกว่าการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ด หากสามารถใช้ชิ้นส่วนจากเมล็ดมาใช้ในการเตรียมต้นพันธุ์เพื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ นอกจากจะใช้สารฟอกฆ่าเชื้อในปริมาณที่น้อยกว่าเพื่อลดต้นทุนแล้ว ยังปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งยังสามารถช่วยลดการรบกวนแหล่งการแพร่กระจายพันธุ์ในธรรมชาติได้อีกด้วย

สรุป

การศึกษากระบวนการฟอกฆ่าเชื้อของเมล็ดพลับพลึงธารที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือวิธีที่ 4 ซึ่งเป็นการฟอกฆ่าเชื้อ 1 ครั้ง ด้วยสารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ความเข้มข้น 1% ระยะเวลา 5 นาที เมล็ดไม่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ไม่มีการตาย และรอดชีวิตทั้งหมด 100% หลังเพาะเลี้ยง 30 วัน เมล็ดมีการงอกและพัฒนาเป็นต้นใหม่ได้ 66.67±11.55% สามารถนำต้นกล้าที่ได้จากการฟอกฆ่าเชื้อไปใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายพันธุ์ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อต่อไปได้ ส่วนกระบวนการฟอกฆ่าเชื้อต้นกล้าพลับพลึงธารที่มีประสิทธิภาพได้แก่วิธีการที่ 4 และ 5 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม วิธีการที่ 4 จึงเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการฟอกฆ่าเชื้อน้อยกว่าวิธีการที่ 5 โดยพบการปนเปื้อน 41.67±14.43% และมีเปอร์เซ็นต์รอดชีวิต 58.33±7.22 % ดังนั้นเมล็ดพลับพลึงธารจึงเป็นชิ้นส่วนที่มีความเหมาะสมในการนำมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมากกว่าต้นกล้า เนื่องจากเมล็ดที่ผ่านกระบวนการฟอกฆ่าเชื้อรอดชีวิตทั้งหมด และสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนเพื่อใช้เป็นแม่พันธุ์สำหรับการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต่อไปได้ การใช้เมล็ดจึงสามารถลดการสูญเสียชิ้นส่วนเนื้อเยื่อที่จะนำมาใช้ในกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ในอนาคต

อย่างไรก็ตาม กระบวนการฟอกฆ่าเชื้อโดยใช้สารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ ($HgCl_2$) ซึ่งเป็นสารอันตราย จำเป็นต้องใช้งานด้วยความระมัดระวังและมีการกำจัดสารเคมีอย่างถูกต้องตามหลักความปลอดภัย เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากข้อจำกัดด้านความเป็นอันตรายของสาร $HgCl_2$ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อพัฒนากระบวนการฟอกฆ่าเชื้อทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่สามารถถ่ายทอดสู่เกษตรกรและผู้ที่สนใจได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยมุ่งเน้นการลดอัตราการสูญเสียของตัวอย่างพืชจากธรรมชาติ ควบคู่ไปกับการรักษามาตรฐานความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานเป็นสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน สำหรับความอนุเคราะห์การเก็บตัวอย่างตลอดการศึกษา และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชน้ำ (Aquatic Plant Tissue Culture Laboratory) คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และให้การสนับสนุนในการดำเนินการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2563. ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาการควบคุมการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดพืชอนุรักษ์และพืชที่ใกล้สูญพันธุ์เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. กรมวิชาการเกษตร

แคทรียา เฟื่องการกล, Benya Manochai, เดชา ดวงนามล, ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์ และ มณฑล จำเริญพฤกษ์. การขยายพันธุ์พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum* J. Schulze) และการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการผลิตต้นกล้าคุณภาพ. วารสารพืชศาสตร์สงขานครินทร์ 5: 28–37.

นิรันดร์รัตน์ ป้อมอิ่ม, ยงยุทธ ไตรสุรัตน์ และ ดวงใจ ศุขเฉลิม. 2559. การแพร่กระจายและสถานภาพการอนุรักษ์พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum* J. Schulze) ในประเทศไทย. วารสารวนศาสตร์ไทย 35: 11–20.

ฟาร์มไม้น้ำภูเก็ต. 2568. ไม้น้ำไทย พลับพลึงธาร. https://shopee.co.th/, 5 พฤศจิกายน 2568

รมณีย์ เจริญทรัพย์, เดชา ดวงนามล, เบญญา มโนชัย และ มณฑล จำเริญพฤกษ์. 2560. การเพิ่มอัตราเนื้อเยื่อปลอดเชื้อจากการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดและหัวพลับพลึงธาร (*Crinum thaianum* L.). ใน: การประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี พ.ศ. 2559. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 321–328

วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย และ รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์. 2551. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหอมน้ำ *Crinum thaianum* Schulzer. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2560. คืนชีวิตพลับพลึงธารสู่ธรรมชาติ พืชถิ่นเดียวที่ต้องอนุรักษ์. แหล่งที่มา: https://www3.rdi.ku.ac.th/, 5 พฤศจิกายน 2568

สุภาภรณ์ สาชาติ, อุทัยวรรณ ทรัพย์แก้ว, ยุพิน กสินเกษมพงษ์, ดวงเดือน ศรีโพทา, ภาวินี คามวุฒิ และ เดชา ดวงนามล. 2564. รายงานโครงการวิจัยและพัฒนาการควบคุมการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดพืชอนุรักษ์ และพืชที่ใกล้สูญพันธุ์เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. 183 หน้า

อิสราภรณ์ อุ่นขาว, เจษฎา อุ่นขาว, รมย์หทัย บุญถนอม, และคณะ. 2556. โครงการฟื้นฟูพลับพลึงธารด้วยกระบวนการขยายพันธุ์และเพาะเลี้ยง เพื่ออนุรักษ์คลองนาคา โดยการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนบ้านฝ่ายท่า ตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง. รายงานฉบับสมบูรณ์ (No. 53155). สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม.

Aquaticarts. 2025. Thai Onion Plant. https://aquaticarts.com/, November 5, 2025.

IUCN. 2021. Multi–stakeholder collaboration restores rare water onions in southern Thailand wetlands. https://iucn.org/, November 5, 2025.

Murashige, T., and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia plantarum. 15: 3. doi.org/10.1111/j.1399–3054.1962.tb08052.x

Tanming, W. 2015. Crinum thaianum. https://www.nhm.ac.uk/, November 6, 2025.

การพัฒนาเทคนิครีคอมบิเนสโพลีเมอเรสแอมพลิฟิเคชันร่วมกับแผ่นจุ่มวัดอย่างง่ายสำหรับการตรวจหาเชื้อ *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) ในกุ้ง

Development of recombinase polymerase amplification combined with a lateral flow dipstick for detection of *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) in shrimp

ณรงค์ อรัญรุตม์[a,*], **พลอยพรรณ ยอดเป็ง**[a,b]

Narong Arunrut[a,*], Phoiphan Yotpeng[a,b]

[a]ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

[b]คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[a]National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Pathum Thani 12120

[b]Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail address: narong.aru@biotec.or.th

บทคัดย่อ

การติดเชื้อ *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) ในกุ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมากในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงกุ้งทั่วโลก จึงมีการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจหาเชื้อ EHP ที่มีประสิทธิภาพ วิธีการตรวจด้วยเทคนิค nested PCR เป็นวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้วิธีนี้ยังมีข้อจำกัดด้านต้นทุนที่สูง ระยะเวลาในการดำเนินการที่ยาวนาน และความซับซ้อนของขั้นตอนการทำงาน ในงานวิจัยนี้ เราได้พัฒนาวิธีการตรวจด้วยเทคนิครีคอมบิเนสโพลีเมอเรสแอมพลิฟิเคชัน โดยใช้ยีนเป้าหมายเป็น spore wall protein (SWP) เพื่อการตรวจหาเชื้อ EHP จากตัวอย่างตับกุ้งและพัฒนาการอ่านผลผลิตด้วยแผ่นจุ่มวัดอย่างง่าย เพื่อให้สามารถอ่านผลตรวจด้วยตาเปล่าได้อย่างง่าย วิธี RPA-LFD ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถตรวจเชื้อได้ต่ำสุดที่ระดับ 100 สำเนา ซึ่งเทียบเท่ากับวิธี nested PCR ที่เป็นมาตรฐานในการตรวจวัด และใช้เวลาทดสอบทั้งหมดเพียง 35 นาที โดยไม่พบปฏิกิริยาไขว้กับเชื้ออื่น นอกจากนี้ วิธี RPA-LFD ยังทำได้ง่ายและไม่ต้องการเครื่องมือที่ซับซ้อนหรือมีราคาแพง ทำให้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการตรวจหา EHP ณ สถานที่จริงในฟาร์มกุ้งและสถานประกอบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

คำสำคัญ: กุ้งเลี้ยง, แผ่นจุ่มวัด, อีเอชพี, อาร์พีเอ

Abstract

The incidence of *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) infection in farmed shrimp has increased substantially in recent years, leading to considerable economic losses in the global shrimp aquaculture industry. Various diagnostic methods have been developed to facilitate the effective detection and management of EHP. Among these, nested PCR is widely employed in laboratory settings; however, its application is constrained by high costs, lengthy processing times, and procedural complexity. In this study, we developed a recombinase polymerase amplification (RPA) assay targeting the spore wall protein (SWP) gene for the detection of the shrimp microsporidian EHP from hepatopancreas (HP) samples. The RPA amplicons were subsequently analyzed using a gold nanoparticle-based lateral flow dipstick (LFD) to enable visual signal detection. The RPA-LFD assay achieved a limit of detection of 100 copies, which is comparable to that of the gold-standard nested PCR, and the entire assay could be completed within 35 minutes without observable cross-reactivity. Furthermore, the RPA-LFD assay is simple to perform and does not require sophisticated or expensive instrumentation, making it particularly well suited for on-site detection of EHP in shrimp farms and aquaculture facilities.

Keywords: EHP, Farmed shrimp, Lateral flow dipstick, Recombinase polymerase amplification

คำนำ

กุ้งทะเลเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีมูลค่าการส่งออกตั้งแต่เดือนมกราคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2568 อยู่ที่ 37,486 ล้านบาท (กรมประมง, 2568) ความนิยมในการบริโภคกุ้งทะเลแพร่หลายทั้งในประเทศและทั่วโลก ในปัจจุบัน กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ถือเป็นผลผลิตหลักของกุ้งทะเลของประเทศไทยและเป็นสายพันธุ์ชั้นนำในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วโลก ข้อมูลจากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติในปี 2565 ระบุว่า การเพาะเลี้ยงกุ้งขาวทั่วโลกสามารถผลิตได้มากกว่า 5 ล้านตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงถึง 42 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (FAO, 2022) อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งต้องเผชิญกับปัญหาและความท้าทายจากโรคติดเชื้อที่หลากหลาย ทั้งจากจุลินทรีย์และไวรัส ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเลี้ยงกุ้งและนำไปสู่การสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ โรคที่พบได้บ่อยในการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวในปัจจุบัน ได้แก่ โรคอีเอชพี (EHP) ซึ่งเกิดจากเชื้อ *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) เป็นเชื้อในกลุ่ม microsporidian โดยลักษณะกุ้งที่ติดเชื้อ EHP จะทำให้การเจริญเติบโตลดลงและขนาดไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งขาดทุน (Karthikeyan and Sudhakaran, 2019) การติดเชื้อโรคดังกล่าวสามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่พันธุ์สู่รุ่นลูกได้ การระบาดของโรคนี้พบทั่วไปในแถบเอเชีย เช่น ประเทศจีน มาเลเซีย ไทย อินโดนีเซียและเวียดนาม (Thamizhvanan et al., 2019)

การวินิจฉัยโรคในกุ้งปัจจุบันโดยทั่วไปเริ่มจากการวินิจฉัยแยกโรคด้วยการดูอาการและรอยโรค (gross lesion) อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ไม่สามารถแยกเชื้อก่อโรคในกรณีที่มีการติดเชื้อในกุ้งโตหรือพ่อแม่พันธุ์ (Broodstock) ได้ เนื่องจากอาการที่แสดงออกไม่ชัดเจน ดังนั้น เมื่อพบกุ้งป่วยในทุกกรณี จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างส่งตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจด้วยวิธีจุลพยาธิวิทยา (histopathological method) ตรวจแอนติเจน-แอนติบอดี (antigen/antibody test) และตรวจสารพันธุกรรม (nucleic acid amplification) (Tran et al., 2013; Nunan et al., 2014; กรมประมง, 2561; World Organisation for Animal Health, 2024) สำหรับวิธีตรวจเชื้อ EHP ที่เป็นที่นิยมใช้ได้แก่ เทคนิค nested PCR (nested-Polymerase Chain Reaction) อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้วิธีนี้ยังมีข้อจำกัดด้านต้นทุนที่สูง ระยะเวลาในการดำเนินการที่ยาวนาน และความซับซ้อนของขั้นตอนการทำงาน ด้วยเหตุนี้ คณะวิจัยจึงสนใจพัฒนาเทคนิคครีคอมบิเนสโพลีเมอเรสแอมพลิฟิเคชัน (Recombinase Polymerase Amplification; RPA) ในการตรวจเชื้อ EHP และอ่านผลผลิต RPA ด้วยแผ่นจุ่มวัดอย่างง่าย (Lateral flow dipstick; LFD) ให้สามารถอ่านผลการตรวจเชื้อด้วยตาเปล่าได้อย่างรวดเร็วและสะดวกสำหรับใช้ที่ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

เทคนิคอาร์พีเอ (RPA) หรือ Recombinase polymerase amplification ถูกพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกในปี 2006 โดยกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ Piepenburg และคณะ (Piepenburg et al., 2006) เทคนิคนี้สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่รวดเร็วและจำเพาะโดยใช้อุณหภูมิคงที่เพียงอุณหภูมิเดียว (37–42°C) ดังนั้นไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องพีซีอาร์ที่ราคาแพง เกษตรกรหรือห้องปฏิบัติการในภาคสนามจะใช้เพียง heating block ซึ่งราคาถูกกว่าเครื่องพีซีอาร์หลายเท่าและจะใช้ primer ที่ออกแบบอย่างจำเพาะต่อ target sequence 2 ตัว ในการทำปฏิกิริยาจะใช้เอนไซม์ 3 ตัว เริ่มด้วยเอนไซม์ recombinase จับกับ primer ในรูปแบบโครงสร้างที่จะสามารถจับกับดีเอ็นเอต้นแบบได้ ตามรูป Fig. 1A แล้วเอนไซม์ single-strand DNA binding protein (SSB) จะนำโครงสร้างจากขั้นตอนแรกมาจับกับดีเอ็นเอต้นแบบ ตามรูป Fig. 1B และในขณะเดียวกันเอนไซม์ Sau DNA polymerase จะทำหน้าที่แยกสายดีเอ็นเอต้นแบบให้เป็นเส้นเดี่ยวพร้อมที่จะให้ primer เข้าจับกับดีเอ็นเอต้นแบบอย่างจำเพาะและเอนไซม์ Sau DNA polymerase ยังทำหน้าที่ต่อสายดีเอ็นเอทางด้านปลาย 3’ ของเส้น primer ตามรูป Fig. 1C ซึ่งจะได้ดีเอ็นเอเส้นใหม่และจะทำการเพิ่มจำนวน product แบบทวีคูณโดยสุดท้ายจะได้ product จำนวนมาก แสดงตามรูป Fig. 1D และ Fig. 1E เทคนิคนี้ได้ถูกนำไปใช้เพื่อพัฒนาการตรวจไวรัสทั้ง

ในคนและสัตว์ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ไว (sensitive) และเร็ว (Rapid) กว่าเทคนิค PCR ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมได้ภายในเวลาเพียง 30 นาที (Piepenburg et al., 2006)

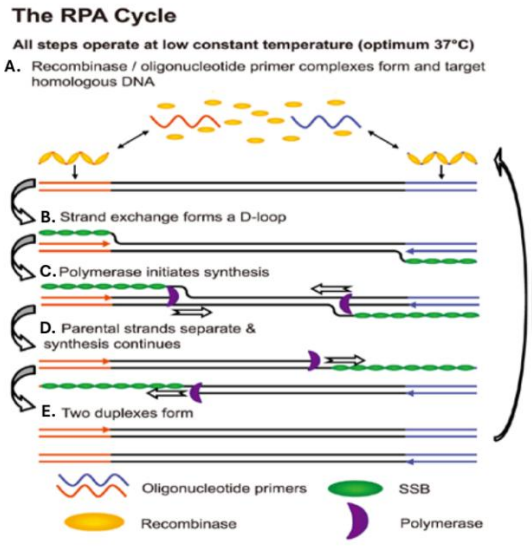


Fig. 1 แสดงการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RPA (Piepenburg et al., 2006)

การอ่านผลด้วยแผ่นจุ่มวัดอย่างง่าย (lateral flow dipstick; LFD) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ผลที่อาศัยหลักการของ DNA hybridization ร่วมกับ chromatography และได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการอ่านผลผลิตจากเทคนิค RPA (Jaroenram et al., 2014) โดยอาศัยการติดฉลากสารพันธุกรรมเป้าหมายด้วยสาร biotin ที่ไพรเมอร์ และใช้ DNA probe ที่ติดฉลากด้วยสาร FAM หลังจากการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยวิธี RPA ผลผลิตที่ได้จะถูกนำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยแผ่น LFD ซึ่งประกอบด้วยแถบแสดงผล 2 ตำแหน่ง ได้แก่ แถบทดสอบ (test line) และแถบควบคุม (control line) ในกรณีที่มีผลผลิต RPA จะเกิดการจับกันอย่างจำเพาะที่แถบทดสอบ ซึ่งมี biotin-ligand เป็นตัวจับ ส่วนแถบควบคุมจะเกิดจากการจับกันของ gold anti-FAM antibody ซึ่งจะแสดงผลทุกครั้งที่มีการทดสอบ เพื่อยืนยันความถูกต้องของระบบการตรวจ (Fig. 2)

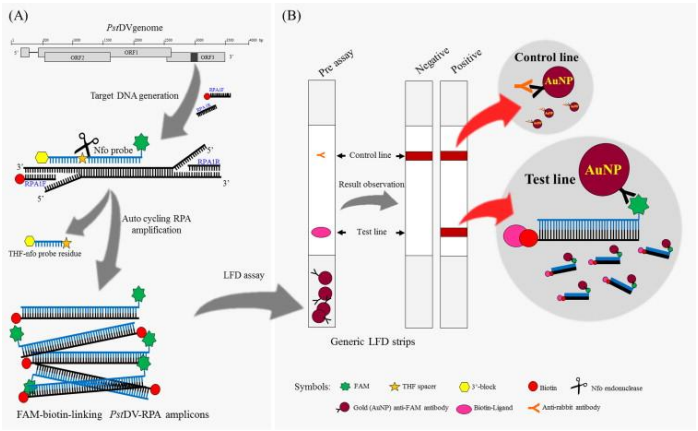


Fig. 2 แสดงการอ่านผลผลิต RPA ด้วยแผ่นจุ่มวัดอย่างง่าย (Jaroenram et al., 2014)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างพลาสมิดดีเอ็นเอ

นำตัวอย่างกุ้งขนาดใหญ่ที่ติดเชื้อ EHP มาสกัดด้วยวิธีมาตรฐาน (DNAzol) ตามวิธีจากกรมประมง (กรมประมง, 2561) จะเริ่มด้วยการนำตัวอย่างตับกุ้ง น้ำหนัก 20 มิลลิกรัม เติมสาร DNAZol® Reagent ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และบดตัวอย่างให้ละเอียด จากนั้นนำไปปั่นด้วยความเร็ว 10,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วดูดส่วนใส่หลอด ทดลองขนาด 1.5 mLใหม่แล้วเติม 100% Ethanol ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ในหลอดตัวอย่างและเขย่าเบ่าๆ 3-6 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปปั่นด้วยความเร็ว 10,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนนั้นปั่นล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วย 70% Ethanol ปริมาตร 500 ไมโครลิตร 2 รอบด้วยความเร็ว 7500 rpm ใช้เวลา 5 นาที แล้วละลายตะกอนดีเอ็นเอด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ จากนั้นนำไปสังเคราะห์พลาสมิดดีเอ็นเอเชื้อ EHP ในบริเวณยีนเป้าหมาย (target gene) ใช้เป็น spore wall protein (SWP) ตามวิธีของ Arunrut et al. (2021) จากนั้น ทำการคัดเลือกโคลนและสกัดพลาสมิดให้บริสุทธิ์ด้วยชุดสกัดสำเร็จรูป ดีเอ็นเอพลาสมิดที่สำเร็จในขั้นตอนนี้จะเรียกว่า EHP-plasmid จากนั้นวัดความเข้มข้นของพลาสมิดดีเอ็นเอด้วยเครื่อง NanoDrop แล้วคำนวณปริมาณ copy number โดยเตรียมเป็นความเข้มข้นตั้งแต่ 5 x 10^4 copies/µl ถึง 1 copy ด้วยการเจือจางทีละสิบเท่า (ten-fold serial dilution) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ –20 °C ก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ออกแบบไพรเมอร์สำหรับการตรวจด้วยเทคนิค RPA

ไพรเมอร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ออกแบบจากยีนเป้าหมายเป็น spore wall protein (SWP) ของเชื้อ EHP ที่ก่อโรคอีเอชพี (GenBank accession number: KX258197.1) การออกแบบชุดไพรเมอร์และโพรบสำหรับเทคนิคอาร์พีเอจะใช้โปรแกรม Primer3Plus (www.bioinformatics.nl/cgbin/primer3plus/primer3plus.cgi) โดยการออกแบบชุดไพรเมอร์และโพรบจะปรับใช้ตามแนวทางของบริษัท TwistDx (TwistDx Ltd., Cambridge, United Kingdom) ที่มีรายละเอียดความยาวของไพรเมอร์อยู่ในช่วง 30–36 bp โดยมีสัดส่วน GC อยู่ระหว่าง 40%–60% และขนาดของผลผลิตอยู่ในช่วง 100–250 bp สำหรับการตรวจสอบความจำเพาะของไพรเมอร์ ได้ใช้โปรแกรม Primer-BLAST บนเว็บไซต์ของ The National Center for Biotechnology Information (NCBI, USA; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/) ไพรเมอร์และโพรบถูกสังเคราะห์โดยบริษัท Bio Basic ประเทศแคนาดา โดยเลือกใช้ความบริสุทธิ์ระดับ HPLC grade

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RPA และอ่านผลด้วยแผ่นจุ่มวัดอย่างง่าย (lateral flow dipstick; LFD)

สภาวะปฏิกิริยา RPA ที่เหมาะสมดำเนินการตามแนวทางของ Jaroenram et al. (2014) โดยทำการทดสอบปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที ในปริมาตรปฏิกิริยาทั้งหมด 50 ไมโครลิตร เพื่อผลผลิต RPA ขนาด 184 bp จะใช้ไพรเมอร์ forward-EHP (5'-Biotin-TTGCAGAGTGTTGTTAAGGGTTTAAGTAA-3')และ reverse-EHP (5'-GCTGTTTGTCTCCA ACTGTATTTGAAAGCTC-3') อย่างละ 0.2 ไมโครโมลาร์ ดีเอ็นเอโพรบ (5'-FAM-GCATTAAAAAGAGACGATATT-(dspacer)-TACACAGACACAGCA-3'-C3-spacer) ความเข้มข้น 100 นาโนโมลาร์ magnesium acetate ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ บัฟเฟอร์ rehydration ความเข้มข้น 1× และเอนไซม์ในรูปแบบ dried enzyme pellet ความเข้มข้น 1× (TwistDx, Cambridge, UK) โดยใช้ดีเอ็นเอพลาสมิดที่เตรียมไว้ก่อนหน้าเป็นแม่แบบและทำปฏิกิริยา RPA โดยใช้เครื่อง thermal cycler แล้วทำการอ่านผลด้วยแผ่นจุ่มวัดอย่างง่าย (LFD) ซึ่งใช้ผลิตภัณฑ์ของบริษัท บีเอ็นเค ไบโอไซเอนซ์ จำกัด สำหรับขั้นตอนการอ่านผล นำผลผลิตจากปฏิกิริยา RPA ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ผสมกับบัฟเฟอร์ปริมาตร 120 ไมโครลิตร จากนั้นนำแผ่นจุ่มตรวจลงในสารละลายและอ่านผลภายในเวลา 5 นาที

การทดสอบความจำเพาะ (Analytical specificity)

การทดสอบความจำเพาะของเทคนิค RPA-LFD ในการตรวจเชื้อ EHP จะใช้ตัวอย่างสารพันธุกรรมที่สกัดได้จากตัวอย่างกุ้งและตัวอย่างปลา ที่ติดเชื้อแบคทีเรีย และไวรัส ที่ก่อโรคในกุ้งและปลา ได้แก่ เชื้อ*วิบริโอพาราฮีโมไลติคัส* (*Vibrio parahaemolyticus*) สายพันธุ์ที่ก่อโรคตับตายเฉียบพลัน เชื้อไวรัสไอเอชเอชเอ็นวี (Infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus; IHHNV), เชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาว (White spot syndrome virus; WSSV), เชื้อไวรัสโรคทีไอแอลวี (Tilapia lake virus; TiLV), เชื้อไวรัสโรคหัวเหลือง (Yellow head virus; YHV), สารพันธุกรรมจากตัวอย่างกุ้งขาวที่ไม่ติดเชื้อและตัวอย่างกุ้งที่ติดเชื้อไมโครสปอริเดียอีเอชพี (*Entercytozoon hepatopenaei*; EHP) โดยนำสารพันธุกรรมของเชื้อแต่ละชนิดความเข้มข้น 100 นาโนกรัม เพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค RPA ใช้สภาวะเหมาะสมดังกล่าวข้างต้นที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที และทำการอ่านผลด้วยแผ่นจุ่มวัดอย่างง่าย (LFD)

การทดสอบความไว (Analytical sensitivity)

การทดสอบความไวของวิธี กับตัวอย่างพลาสมิดดีเอ็เอที่มีชิ้นส่วนยีนของเชื้อ EHP โดยใช้ตัวอย่างพลาสมิดดีเอ็นเอที่ทำการเจือจางแบบลดลงทีละสิบเท่า (10-fold dilution) เป็น 10^5, 10^4, 10^3, 10^2 , 10 และ 1 สำเนา ใช้แต่ละความเข้มข้นทดสอบด้วยเทคนิค RPA-LFD ด้วยสภาวะที่เหมาะสมดังกล่าวข้างต้น และเปรียบเทียบผลการตรวจด้วยเทคนิค nested PCR ปรับใช้ตามวิธีขององค์การโรคระบาดสัตว์ระหว่างประเทศ (WOAH) 2023

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลทดสอบความจำเพาะ (Analytical specificity)

เมื่อนำตัวอย่างสารพันธุกรรมของเชื้ออื่น ๆ ประกอบด้วย เชื้อ*วิบริโอพาราฮีโมไลติคัส* สายพันธุ์ที่ก่อโรคตับตายเฉียบพลัน เชื้อไวรัสไอเอชเอชเอ็นวี เชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาว เชื้อไวรัสโรคทีไอแอลวี เชื้อไวรัสโรคหัวเหลือง สารพันธุกรรมจากตัวอย่างกุ้งขาวที่ไม่ติดเชื้อ และตัวอย่างกุ้งที่ติดเชื้ออีเอชพี มาทดสอบด้วยเทคนิค RPA-LFD พบว่าให้ผลบวกเฉพาะตัวอย่างเชื้ออีเอชพี แสดงให้เห็นว่าเทคนิคที่พัฒนาขึ้นนี้มีความจำเพาะในการตรวจสูงต่อเชื้ออีเอชพี (Fig. 3)

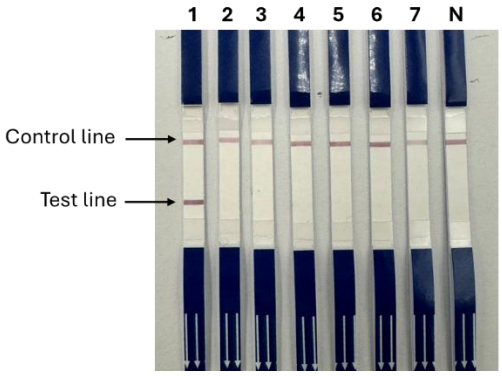


Fig. 3 Specificity test of the RPA-LFD assay for EHP detection. Lanes 1–7: EHP, *V. parahaemolyticus*, IHHNV, WSSV, TiLV, YHV, and DNA normal *L. vannamei*, Lane N: distilled water as negative control.

ผลทดสอบเปรียบเทียบความไว (Analytical sensitivity)

การทดสอบเปรียบเทียบความไวในการตรวจดำเนินการโดยใช้ตัวอย่างพลาสมิดดีเอ็นเอที่ทำการเจือจางแบบลดลงทีละสิบเท่า (10-fold dilution) ที่ระดับ 10^5, 10^4, 10^3, 10^2, 10 และ 1 สำเนา โดยใช้น้ำเป็นตัวควบคุมลบ (negative

control) ผลการตรวจด้วยเทคนิค RPA-LFD พบว่าสามารถตรวจพบพลาสมิดดีเอ็นเอในปริมาณต่ำสุด หรือขีดจำกัดการตรวจพบ (limit of detection; LOD) ที่ระดับ 100 สำเนา ดังแสดงใน Fig. 4 เมื่อทดสอบตัวอย่างพลาสมิดดีเอ็นเอชุดเดียวกันด้วยเทคนิค nested PCR พบว่าสามารถตรวจพบปริมาณพลาสมิดดีเอ็นเอต่ำสุดได้ที่ระดับ 100 สำเนาเช่นเดียวกัน ดังแสดงใน Fig. 5 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิค PCR ตามรายงานของ Gao et al. (2023) พบว่าเทคนิคที่พัฒนาขึ้นมีความไวดีกว่า เนื่องจากรายงานดังกล่าวสามารถตรวจพบได้ที่ระดับ 150 สำเนา ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเทคนิค RPA-LFD ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการตรวจหาเชื้อ *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) มีความไวในการตรวจเทียบเท่ากับเทคนิคมาตรฐาน nested PCR อย่างไรก็ตาม เทคนิค nested PCR ต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจวิเคราะห์มากกว่า 2 ชั่วโมง และต้องอาศัยเครื่องมือหลายชนิด จึงไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ตรวจเชื้อก่อโรคในฟาร์มเลี้ยงกุ้ง นอกจากนี้ เพื่อให้ได้ค่าร้อยละของความไว ความจำเพาะ และความแม่นยำที่ชัดเจน จำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบผลการตรวจในตัวอย่างกุ้งที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อ EHP จำนวนมากกว่า 50 ตัวอย่าง ซึ่งขณะนี้คณะผู้วิจัยกำลังอยู่ระหว่างดำเนินการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนนี้

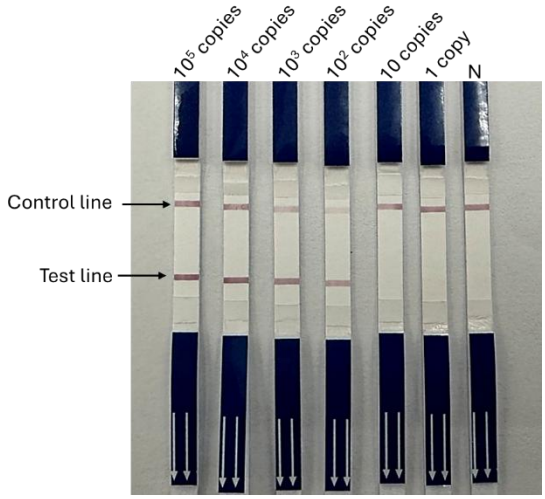


Fig. 4 Sensitivity test of RPA-LFD carried out using 10-fold serially diluted plasmid DNA as the template.

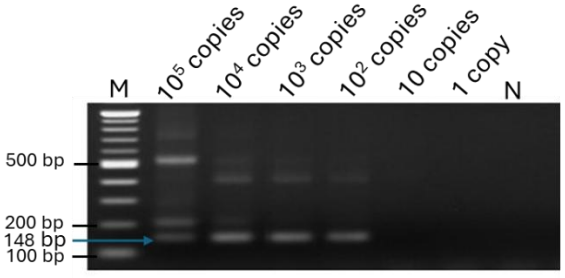


Fig. 5 Sensitivity test of nested-PCR followed by agarose gel electrophoresis (AGE) carried out using 10-fold serially diluted plasmid DNA as the template. The AGE results of the nested-PCR assay show the expected 148-bp amplicon. Lane M: 2 log DNA marker; Lane N: distilled water as negative control.

สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการตรวจหาเชื้อ *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) โดยใช้เทคนิครีคอมบิเนสโพลีเมอเรสแอมพลิฟิเคชันร่วมกับแผ่นจุ่มวัดอย่างง่าย (RPA-LFD) การเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยเทคนิค RPA ดำเนินการที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที และใช้เวลาอ่านผลด้วยแผ่นจุ่มตรวจอีก 5 นาที ผลการศึกษาพบว่าเทคนิคดังกล่าวมีความจำเพาะสูง โดยไม่ให้ผลบวกกับเชื้อชนิดอื่น และให้ผลบวกเฉพาะเชื้อ EHP เท่านั้น นอกจากนี้ยังมีความไวในการตรวจเทียบเท่ากับเทคนิคมาตรฐาน nested PCR โดยสามารถตรวจพบดีเอ็นเอพลาสมิดในปริมาณต่ำสุดที่ระดับ 100 สำเนา ดังนั้น เทคนิค RPA-LFD ที่พัฒนาขึ้นจึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในฟาร์มกุ้งเพื่อการตรวจคัดกรองการติดเชื้อ EHP และช่วยป้องกันการระบาดของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเทคนิครีคอมบิเนสโพลีเมอเรสแอมพลิฟิเคชันร่วมกับแผ่นจุ่มวัดอย่างง่ายสำหรับการตรวจหาเชื้อ *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) ในกุ้ง” ได้รับทุนอุดหนุนการพัฒนางานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. คู่มือการตรวจโรคสัตว์น้ำด้วยเทคนิค PCR Manual for Aquatic Animal’s Disease Diagnosis Using PCR Techniques. 2561. ห้องปฏิบัติการ PCR ศูนย์วิจัยสุขภาพสัตว์น้ำสงขลากองวิจัยและพัฒนาสุขภาพสัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 98 หน้า.

กรมประมง, กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง. 2568. *(รายงาน* มูลค่าการส่งออกกุ้งของไทย 11 เดือนของปี 2568) กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Arunrut, N., Tondee, B., Khumwan, P., Kampeera, J., Kiatpathomchai, W. 2021. Rapid and sensitive colorimetric detection of microsporidian Enterocytozoon hepatopenaei (EHP) based on spore wall protein (SWP) gene using loop-mediated isothermal amplification combined with DNA functionalized gold nanoparticles as probes. Aquaculture 533: 736206.

Gao, Y., Chen, C.Y., Cao, Z., Yuan, R.Q., Chang, L.R., Li, T., Li, F. 2023. Development of a duplex PCR for the simultaneous detection of EHP and IHHNV and analysis of the correlation between these two pathogens. J. Invertebr. Pathol. 201: 108013.

FAO. 2022. The state of world fisheries and aquaculture.

Jaroenram, W., Owens, L. 2014. Recombinase polymerase amplification combined with a lateral flow dipstick for discriminating between infectious Penaeus stylirostris densovirus and virus-related sequences in shrimp genome. J. Virol. Methods 208: 144–151.

Karthikeyan, K., Sudhakaran, R. 2019. Experimental horizontal transmission of Enterocytozoon hepatopenaei in post-larvae of whiteleg shrimp, Litopenaeus vannamei. J. Fish Dis. 42: 397–404.

Nunan, L., Lightner, D., Pantoja, C., Gomez-Jimenez, S. 2014. Detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in Mexico. Dis. Aquat. Org. 111: 81–86.

Piepenburg, O., Williams, C.H., Stemple, D.L., Armes, N.A. 2006. DNA detection using recombination proteins. PLoS Biol. 4: e204.

Thamizhvanan, S., Sivakumar, S., Santhosh Kumar, S., et al. 2019. Multiple infections caused by white spot syndrome virus and Enterocytozoon hepatopenaei in pond-reared Penaeus vannamei in India and multiplex PCR for their simultaneous detection. J. Fish Dis. 42: 447–454.

Tran, L., Nunan, L., Redman, R.M., Mohney, L.L., Pantoja, C.R., Fitzsimmons, K., Lightner, D.V. 2013. Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. Dis. Aquat. Org. 105: 45–55.

WOAH. 2024. Manual of diagnostic tests for aquatic animals.

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินอาหาร คุณภาพน้ำ และความถี่การให้อาหารในการเลี้ยงปลาชะโอนในระบบน้ำหมุนเวียน

Relationship between feed intake, water quality parameters and feeding frequency for rearing butter catfish (*Ompok hypophthalmus*) in a recirculating aquaculture system

สมบูรณ์ มัจฉา[a,c], **เจษฎา อิสเหาะ**[a,*],**สุภาวดี โกย์ดุลย์**[a], **วราห์ เทพาหุดี**[b]
Somboon Matcha[a,c], Jesada Is-haak[a,*], Supavadee Koydon[a] , Wara Taparhudee[b]
[a]สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิชาเอกการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ พระนครศรีอยุธยา 13000
[b]ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[c]แผนกวิชาประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี สุพรรณบุรี 72180
[a]Department of Agricultural Technology, Major in Aquaculture, Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000, Thailand
[b]Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
[c]Department of Fisheries, Suphanburi College of Agriculture and Technology, Suphanburi 72180, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: abee.sunnee@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราการกินอาหาร ความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ และความถี่การให้อาหารที่เหมาะสมของปลาชะโอน (*Ompok hypophthalmus*) ในระบบน้ำหมุนเวียน ผลการศึกษาพบว่าอัตราการกินอาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวปลา โดยลดลงจาก 1.96%–2.33% (ปลาขนาด ~2.40 กรัม) เหลือ 0.73%–0.80% (ปลาขนาด ~58.00 กรัม) นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการกินอาหาร (r = 0.900*) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบ (r = -0.884*) และปริมาณแอมโมเนียมีความสัมพันธ์เชิงบวก (r = 0.595*) ซึ่งบ่งชี้ว่าการให้อาหารสูงขึ้นนำไปสู่การเพิ่มของเสียในระบบ จากการเปรียบเทียบความถี่การให้อาหาร 3, 4 และ 5 มื้อ/วัน เป็นเวลา 231 วัน พบว่าความถี่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05) แต่กลุ่ม 5 มื้อ มีค่า FCR สูงสุด (1.50) และอัตรารอดต่ำที่สุด (86%) ขณะที่กลุ่ม 3 และ 4 มื้อมีอัตรารอดสูงกว่า (98%–100%) โดยกลุ่ม 3 มื้อมีต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต 1 กิโลกรัมต่ำที่สุด (97.41 บาท) ดังนั้นการให้อาหาร 3 มื้อ/วัน จึงเหมาะสมที่สุดสำหรับการเลี้ยงเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ : ความถี่ในการให้อาหาร, คุณภาพน้ำ, ปลาชะโอน, ระบบน้ำหมุนเวียน, อัตราการกินอาหาร

Abstract

The objective of this study was to evaluate the feeding rate, its relationship with water quality, and the optimal feeding frequency for butter catfish (*Ompok hypophthalmus*) in a Recirculating Aquaculture System (RAS). Results showed that the feeding rate declined as body weight increased, from 1.96%–2.33 % BW/day in 2.37–2.42 g fish to 0.73%–0.80 % BW/day in 56.72–.54 g fish. Furthermore, a negative correlation was observed between DO levels and feeding rate (r = -0.884*) and positive correlation were obseved between temperature levels (r = 0.900*) and total ammonia levels (r = 0.595*), indicating that higher feed input is associated with increased waste generation in the system. Over 231 days, comparisons among feeding frequencies (3, 4, and 5 meals/day) showed no significant differences in growth performance. However, the 5-meal group exhibited the highest Feed Conversion Ratio (FCR) (1.50) and the lowest survival rate (86%), whereas the 3- and 4-meal groups achieved higher rates (98%–100%). The 3-meal group also had the lowest feed cost per kilogram of production (97.41 THB/kg. Therefore, feeding 3 times daily is considered the most suitable strategy for commercial culture in a recirculating aquaculture system.

Keywords: Feeding frequency, Feed intake rate, *Ompok bimaculatus,* Recirculating Aquaculture System (RAS), Water quality

คำนำ

ปลาชะโอน (*Ompok hypophthalmus* (Bleeker, 1846)) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูงในประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากมีรสชาติอร่อย เนื้อแน่นนุ่ม และเป็นที่นิยมในการบริโภค ทำให้มีราคาจำหน่ายสูง โดยราคาปลาสดหน้าฟาร์มอยู่ระหว่าง 180–350 บาทต่อกิโลกรัม (กรมประมง, 2565) อย่างไรก็ตาม ปริมาณปลาชะโอนในแหล่งน้ำธรรมชาติลดลงอย่างมากจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม การทำประมงเกินขนาด ทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้าน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ด้วยเหตุนี้ การเพาะเลี้ยงปลาชะโอนในระบบปิด เช่น ระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating Aquaculture System: RAS) จึงได้รับความสนใจเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Boyd et al., 2012)

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตคือเทคนิคการให้อาหาร (De Silva and Anderson, 1995; Abdel-Tawwab et al., 2015) การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาใน 3 ประเด็นหลัก คือ (1) ประเมินอัตราการกินอาหารที่เหมาะสมในแต่ละช่วงขนาด (2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินอาหารกับคุณภาพน้ำและความถี่ในการให้อาหาร และ (3) เปรียบเทียบผลของความถี่ในการให้อาหาร (3, 4 และ 5 มื้อต่อวัน) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการเลี้ยงปลาชะโอนในระบบ RAS ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองดำเนินการที่แผนกวิชาประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนการทดลอง ภายใต้สภาพแวดล้อมและวิธีการทั่วไปดังนี้:

2.1 ระบบการเลี้ยงและสัตว์ทดลอง

เลี้ยงปลาชะโอนในถังพลาสติก (PE) สีดำ ทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 1 เมตร ติดตั้งระบบน้ำหมุนเวียน (RAS) ควบคุมระดับน้ำ 40 ซม. ในเดือนแรก และปรับเป็น 80 ซม. (0.49 ลบ.ม.) ในเดือนที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลอง คุณภาพน้ำถูกควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Boyd, 1998) ตรวจวัดค่า DO, pH, อุณหภูมิ ทุกวัน และวิเคราะห์แอมโมเนีย (TAN) และไนไตรท์ (NO_2^-) ทุก 2 สัปดาห์ ตามวิธีมาตรฐาน APHA et al. (1998)

2.2 แผนการทดลองและการจัดการอาหาร ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดอย่างสมบูรณ์ (CRD) แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง (Treatments) ตามความถี่การให้อาหาร:

ชุดการทดลองที่ 1: 3 มื้อ/วัน (07.00, 13.00, 19.00 น.)

ชุดการทดลองที่ 2: 4 มื้อ/วัน (07.00, 12.00, 17.00, 22.00 น.)

ชุดการทดลองที่ 3: 5 มื้อ/วัน (07.00, 11.00, 15.00, 19.00, 23.00 น.)

ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนไม่น้อยกว่า 42% ให้กินจนอิ่ม (Satiation feeding) มื้อละ 15–20 นาที หากมีอาหารเหลือจะนำไปอบแห้งและชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณปริมาณที่กินจริง (Feed Intake)

2.3 รายละเอียดการทดลองย่อย

การทดลองที่ 1 (ศึกษาอัตราการกินอาหาร): ใช้ลูกปลาชะโอนน้ำหนักเริ่มต้น 2.33–2.42 กรัม จำนวน 9 ถัง (ถังละ 50 ตัว) เก็บข้อมูลปริมาณอาหารที่กินจริงทุกวันและน้ำหนักปลาจนได้ขนาดจำหน่าย (ประมาณ 60 กรัม) รวมระยะเวลา 33 สัปดาห์ เพื่อคำนวณอัตราการกินอาหาร (% BW/day) ในแต่ละช่วงน้ำหนัก

การทดลองที่ 2 (ศึกษาความสัมพันธ์): ใช้ข้อมูลจากการทดลองที่ 1 มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างอัตราการกินอาหารกับตัวแปรอิสระ ได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ย, ความยาวเฉลี่ย, อุณหภูมิ, DO, แอมโมเนีย และไนไตรท์ และสร้างสมการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Model)

การทดลองที่ 3 (เปรียบเทียบผลผลิต): เลี้ยงปลาด้วยความถี่ต่างกันเป็นเวลา 231 วัน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต (น้ำหนัก, ความยาว), อัตรารอดตาย, อัตราแลกเนื้อ (FCR) และวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยผลผลิต

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย Pearson's Correlation และสร้างสมการพยากรณ์ด้วย Stepwise Multiple Regression โดยใช้โปรแกรม SPSS version 26.0

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาอัตราการกินอาหารของปลาชะโอน (Ompok hypophthalmus)

จากการศึกษาพบว่า อัตราการกินอาหารของปลาชะโอนมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อปลามีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (Table 1 และ Fig. 1) ในระยะเริ่มต้น (น้ำหนักเฉลี่ย 2.37–2.42 กรัม) มีอัตราการกินอาหารสูงถึง 1.96–2.33 %.bw/day และลดลงตามลำดับจนเหลือเพียง 0.73–0.80 %.bw/day เมื่อปลามีน้ำหนัก 56.72–59.54 กรัม เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงพบว่าอัตราการกินอาหารของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงอยู่ที่ 1.03–1.36 %.bw/day ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Endo et al. (2004) ในปลานิลแดง และ Boonyaratpalin (1997) ที่ระบุว่าปลาขนาดเล็กต้องการพลังงานและสารอาหารต่อน้ำหนักตัวสูงกว่าปลาขนาดใหญ่เพื่อการเจริญเติบโต สำหรับคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง (Table 2) พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดทั่วไป (Boyd, 1998) ยกเว้นค่าไนไตรต์ (NO_2^-) ที่ตรวจพบค่าค่อนข้างสูงในบางช่วง (สูงสุด 8.45 mg/L) ซึ่งมักเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชันในระบบน้ำหมุนเวียน (RAS) ที่ยังไม่สมบูรณ์ หรือการสะสมของสารอินทรีย์ (Ebeling and Timmons, 2010)

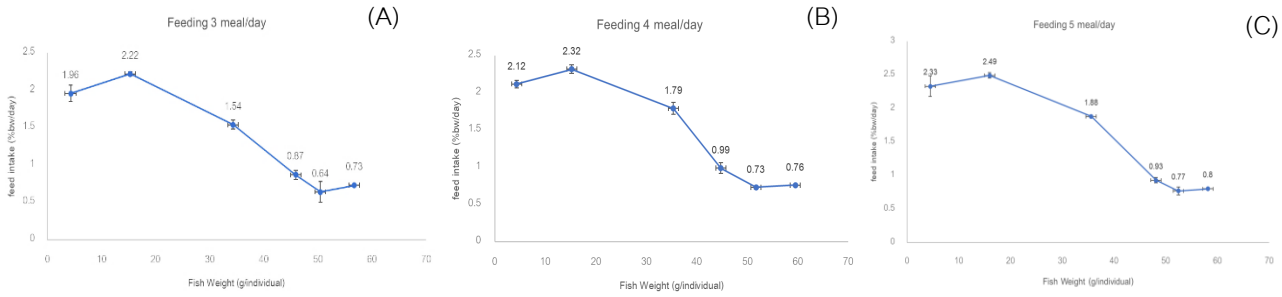


Fig. 1 Relationship between mean body weight (g) and feed intake (% bw/day) of *Ompok bimaculatus* at three different feeding frequencies (3, 4, and 5 meals/day): (A) Feeding 3 meal/day (%.bw/day), (B) Figure 2 Feeding 4 meal/day (%.bw/day), (C) Figure 3 Feeding 5 meal/day (%.bw/day)

Table 1 Means and standard deviations (SD) of Butter Catfish (*Ompok bimaculatus*) weight average (g) and feed intake (%.bw/day)

Period time (week)	Result feed intake (%bw/day)					
	Fish Weight (g/fish)	Feeding 3 meals/day	Fish Weight (g/fish)	Feeding 4 meals/day	Fish Weight (g/fish)	Feeding 5 meals/day
Initial	2.42±0.03[a]		2.38±0.09[a]		2.37±0.07[a]	
3	4.32±0.18[a]	1.96±0.04[b]	4.34±0.38[a]	2.12±0.24[ab]	4.47±0.32[a]	2.33±0.18[a]
9	15.32±0.53[a]	2.22±0.11[b]	15.23±0.76[a]	2.32±0.05[ab]	15.95±2.18[a]	2.49±0.15[a]
15	34.33±1.14[a]	1.54±0.03[c]	35.39±3.77[a]	1.79±0.06[b]	35.59±4.74[a]	1.88±0.04[a]
21	45.91±0.77[a]	0.87±0.06[b]	44.78±4.58[a]	0.99±0.08[ab]	48.11±2.93[a]	0.93±0.02[a]
27	50.47±1.10[a]	0.64±0.06[a]	51.75±2.64[a]	0.73±0.07[ab]	52.45±2.71[a]	0.77±0.04[a]
33	56.72±2.44[a]	0.73±0.14[a]	59.54±4.61[a]	0.76±0.02[a]	58.16±2.26[a]	0.80±0.06[a]
Throughout the culture period		1.03±0.10[a]		1.11±0.07[a]		1.36±0.35[a]

*Mean values with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2 Means and standard deviations (SD) of water quality

Fish weight (g/fish)	Parameter				
	Dissolved oxygen (mg/l)	Temperature (°C)	pH	TAN (mg/l)	Nitrite (mg/l)
2.42±0.03	10.00±0.00	20.31±1.20	8.53±0.27	0.00±0.00	0.00±0.00
4.32±0.18	7.80±0.24	20.90±1.76	9.02±0.04	0.05±0.04	0.25±0.04
15.32±0.53	5.57±0.25	24.89±0.46	8.83±0.04	0.38±0.20	0.49±0.08
34.33±1.14	5.25±0.08	26.65±0.54	8.48±0.51	0.37±0.08	0.45±0.12
45.91±0.77	5.11±0.07	26.48±0.47	8.51±0.19	0.30±0.09	0.21±0.08
50.47±1.10	4.88±0.09	25.92±1.00	8.44±0.03	0.02±0.01	0.33±0.08
56.72±2.44	8.50±0.35	26.20±0.27	7.18±0.90	0.17±0.05	0.34±0.09

2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินอาหาร กับคุณภาพน้ำและความถี่ในการให้อาหาร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (Table 3) พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญดังนี้:ขนาดตัว: มีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับสูงมากกับน้ำหนัก (r = 0.853*) และความยาว (r = 0.927*) ชี้ให้เห็นว่าเมื่อปลาโตขึ้นจะมีความต้องการอาหารเพิ่มขึ้นตามลำดับคุณภาพน้ำ: อัตราการกินอาหาร (กรัม/ตัว/วัน) มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับ:อุณหภูมิ: เชิงบวกระดับสูงมาก (r = 0.900)ออกซิเจนละลายน้ำ (DO): เชิงลบระดับสูงมาก (r = -0.884*)แอมโมเนียรวม (TAN): เชิงบวกระดับปานกลาง (r = 0.595)ไนไตรท์: มีแนวโน้มเชิงบวก (r = 0.333) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ความถี่ในการให้อาหาร: มีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับสูงมาก (r = 0.963*)

Table 3 Summary of correlation coefficients between feeding rate and water quality parameters (Correlation Coefficient, r)

Correlated Pairs	r-value	*p*-value	Degree of Correlation
Feed Intake (g/fish/day) vs. Average fish weight	0.853	<0.001	Very high positive
Feed Intake (g/fish/day) vs. Average fish length	0.927	<0.001	Very high positive
Feed Intake (g/fish/day) vs. Water temperature	0.900	<0.001	Very high positive
Feed Intake (g/fish/day) vs. Dissolved Oxygen (DO)	-0.884	<0.001	Very high negative
Feed Intake (g/fish/day) vs. Total Ammonia content	0.595	0.009	Moderate positive
Feed Intake (g/fish/day) vs. Nitrite content	0.333	0.177	Low positive (Not significant)
Feed Intake vs. Feeding Frequency (3, 4, 5 meals)	0.963	< 0.05	Very high positive

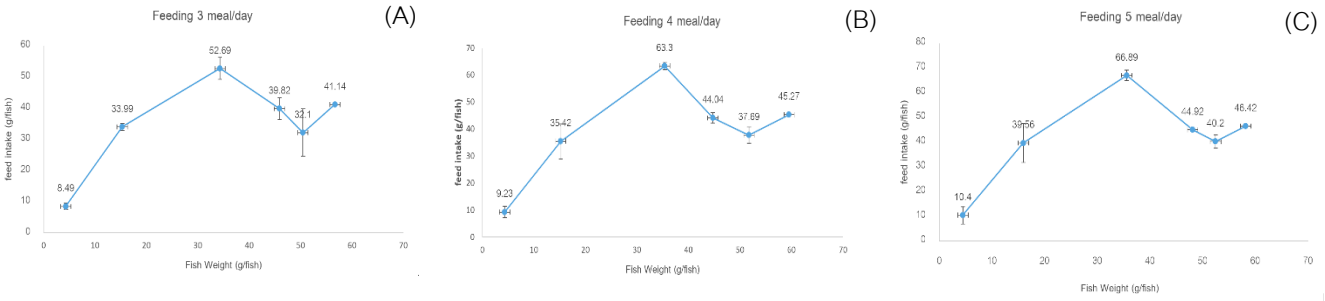


Fig. 2 Relationship between mean body weight (g) and feed intake (g/fish/day) of *Ompok bimaculatus* at three different feeding frequencies (3, 4, and 5 meals/day): (A) 4 Feeding 3 meal/day (g/fish/day), (B) Feeding 4 meal/day (g/fish/day), (C) Feeding 5 meal/day(g/fish/day)

ผลการสร้างสมการถดถอย (Multiple Regression Model) สมการที่ดีที่สุดในการทำนายอัตราการกินอาหาร (Y, กรัม/ตัว/วัน) มีค่าความแม่นยำ (Adjusted R^2) 88.5% คือ:

Y = -120.45 + 0.45(Weight) + 5.80(Temp) + 16.50(TAN) + 1.95(Freq)

โดยที่ Weight = น้ำหนักปลา (g), Temp = อุณหภูมิ (°C), TAN = แอมโมเนีย (mg/L), Freq = ความถี่การให้อาหารวิจารณ์ผลความสัมพันธ์:อิทธิพลของอุณหภูมิ: ค่าสัมประสิทธิ์สูงถึง 5.80 บ่งชี้ว่าปลาชะโอนไวต่ออุณหภูมิมาก (Paul et al., 2023) อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 22 °C ในช่วงแรกยับยั้งเอนไซม์และเมแทบอลิซึม ทำให้การกินอาหารต่ำ (Gao et al., 2022) แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (25–27 °C) การกินอาหารจึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ บทบาทของแอมโมเนีย: การที่ค่าแอมโมเนียปรากฏในสมการ เป็นผลลัพธ์สะท้อนกลับ (Feedback) จากการที่ปลากินอาหารมากและขับถ่ายมาก ไม่ใช่ตัวกระตุ้นการกิน ข้อจำกัดช่วงท้าย: แม้สมการทำนายเป็นเส้นตรง แต่ข้อมูลจริง (Fig. 2) แสดงให้เห็นว่าหลังสัปดาห์ที่ 21 อัตราการกินอาหารเริ่มคงที่หรือลดลง ซึ่งอาจเกิดจากของเสียสะสมหรือปลาเข้าสู่ระยะเติบโตช้าลง ผู้เลี้ยงจึงควรระวังการให้อาหารเกินความจำเป็น (Ortega et al., 2005) 3. การศึกษาเปรียบเทียบระดับความถี่การให้อาหารที่ต่างกัน 3 ระดับ

ผลการเลี้ยงระยะเวลา 231 วัน (Table 4) พบว่าสมรรถนะการเจริญเติบโต (น้ำหนักสุดท้าย, ADG) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p >0.05) แสดงว่าการเพิ่มมื้ออาหารจาก 3 เป็น 4 หรือ 5 มื้อ ไม่ช่วยเพิ่มการเติบโต อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านอื่นๆ (p < 0.05):อัตราแลกเนื้อ (FCR): กลุ่ม 3 มื้อ ต่ำสุด (1.30) ในขณะที่กลุ่ม 5 มื้อ สูงสุด (1.50)อัตรารอดตาย: กลุ่ม 3 และ 4 มื้อ มีอัตรารอดสูง (98%–100%) ในขณะที่กลุ่ม 5 มื้อ ต่ำที่สุด (86%)ต้นทุนค่าอาหาร: กลุ่ม 3 มื้อ มีต้นทุนต่อผลผลิตต่ำที่สุด (97.41 บาท/กก.)สาเหตุที่กลุ่ม 5 มื้อมีอัตรารอดต่ำ อาจเกิดจากการให้อาหารมื้อดึก (23.00 น.) ซึ่งเพิ่มภาระแอมโมเนียในช่วงที่ออกซิเจนต่ำตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดความเครียดสะสม (Crook et al., 2024) สรุป: การให้อาหาร 3 มื้อต่อวันเพียงพอและเหมาะสมที่สุดสำหรับการเลี้ยงปลาชะโอน สอดคล้องกับ Islam et al. (2021) ในปลา Ompok pabda และ Akbar et al. (2020) ในปลาช่อน โดยให้ผลดีกว่าในด้านต้นทุนและอัตรารอด เมื่อเทียบกับการให้อาหารที่ถี่เกินไป

3. การศึกษาเปรียบเทียบระดับความถี่การให้อาหารที่ต่างกัน 3 ระดับ ผลการเลี้ยง 231 วัน

(Table 4) พบว่า น้ำหนักสุดท้ายและ ADG ไม่แตกต่างกัน (p > 0.05) แต่กลุ่ม 3 มื้อมี FCR (1.30) และต้นทุนต่อหน่วย (97.41 บาท/กก.) ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05) ขณะที่กลุ่ม 5 มื้อมี FCR สูงสุด (1.50) และอัตรารอดต่ำสุด (86%) ซึ่งอาจเกิดจากความเครียดสะสมจากการให้อาหารมื้อดึกที่เพิ่มภาระแอมโมเนียในช่วงออกซิเจนต่ำ (Crook et al., 2024) แสดงให้เห็นว่าการให้อาหาร 3 มื้อเพียงพอและคุ้มค่าที่สุด การเพิ่มมื้อไม่ช่วยการเติบโตแต่เพิ่มต้นทุน สอดคล้องกับ Islam et al. (2021) ในปลา *Ompok pabda* ที่พบว่า 3 มื้อดีที่สุด เช่นเดียวกับ Akbar et al. (2020) ในปลาช่อน และ Hassan et al. (2021) ในปลากะพงขาว ที่ระบุว่าความถี่ที่เหมาะสมแตกต่างกันไปตามชนิดปลา

Table 4 Comparison of the effects of three different feeding frequency levels

Yield	Feeding day			
	3 meals/day	4 meals/day	5 meals/day	p - value
Culture period (day)	231.00±00.00	231.00±00.00	231.00±00.00	>0.05
Average weight (g)	56.72±2.44	59.54±4.61	58.16±2.26	>0.05
Coefficient of variation (CV)%	14.64±4.78	13.03±4.33	13.80±4.35	>0.05
Total feed (kg/Tank)	70.37±5.43^{a}	79.06±2.13^{ab}	83.78±5.15^{a}	<0.05
Total yield (kg/Tank)	2.78±0.16	2.98±0.23	2.50±0.72	>0.05
Average daily growth rate (g/day)	0.24±0.02	0.25±0.02	0.24±0.01	>0.05
Food conversion ratio	1.30±0.12^{a}	1.47±0.06^{ab}	1.50±0.08^{b}	<0.05
Survival rate (%)	98.00±2.00^{a}	100.00±0.00^{a}	86.00±0.00^{b}	<0.05
Feed cost (baht/Tank)	258.35±14.93	296.48±7.97	267.74±66.27	>0.05
Feed cost per kg of fish	97.41±9.04^{b}	110.53±4.70^{ab}	112.80±5.80^{a}	<0.05

*Mean values with different superscripts in the same row are significantly different (p < 0.05)

สรุป

จากการทดลองทั้งหมด สรุปได้ว่า อัตราการกินอาหารของปลาชะโอน (% ต่อน้ำหนักตัว/วัน) จะลดลงเมื่อปลามีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น และอัตราการกินอาหารที่สูงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียในระบบน้ำหมุนเวียน ในการเปรียบเทียบความถี่การให้อาหาร 3, 4 และ 5 มื้อต่อวัน พบว่า การให้อาหาร 3 มื้อต่อวัน ให้ผลดีที่สุด แม้ว่าการเจริญเติบโต จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่กลุ่ม 3 มื้อต่อวัน มี FCR ต่ำ (1.30) อัตรารอดตายสูง (98.00%) และมีต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลา 1 กิโลกรัม ต่ำที่สุด (97.41 บาท/กก.) ซึ่งต่ำกว่ากลุ่ม 5 มื้ออย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การให้อาหาร 3 มื้อต่อวัน จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเลี้ยงปลาชะโอนในระบบน้ำหมุนเวียน

ข้อเสนอแนะ

1.งานวิจัยในอนาคต ควรมุ่งเป้าไปที่การค้นหา "สาเหตุ" ที่ชัดเจนว่าทำไมกลุ่ม 5 มื้อ จึงมีอัตรารอดตายต่ำกว่า ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานเบื้องต้นคืออาจเกิดจากความเครียดสะสมหรือคุณภาพน้ำที่มีความผันผวน" ในอนาคตควรมีการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวัดค่าคอร์ติซอล (ฮอร์โมนความเครียด) หรือวัดคุณภาพน้ำ (แอมโมเนีย/ไนไตรท์) แบบรายชั่วโมง เพื่อดูการแกว่งตัวของของเสียหลังการให้อาหารแต่ละมื้อ

2. การประยุกต์ใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ งานวิจัยนี้ใช้วิธีการให้อาหารด้วยมือ ขั้นตอนต่อไปที่น่าสนใจคือ การทดสอบว่าการใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ (Automatic Feeder) โดยตั้งโปรแกรมให้ 3 มื้อ/วัน จะให้ผลลัพธ์ (โดยเฉพาะ FCR และต้นทุน) ที่ดีกว่าการให้ด้วยมือ 3 มื้อ/วัน หรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิทยาศาสตร์การประมง และสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ และแผนกวิชาประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี รวมทั้งขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และภรรยาที่สนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2565. รายงานสถานการณ์การผลิตสัตว์น้ำของประเทศไทย ประจำปี 2565. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. รายงานสถานการณ์การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการตลาด. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: https://www.oae.go.th, 18 พฤศจิกายน 2568

Abdel-Tawwab, M., Monier, M.N., Hoseinifar, S.H., Faggio, C. 2015. Fish response to hypoxia stress: growth, physiological, and immunological biomarkers. Fish Physiol. Biochem. 41: 1933–1948.

Akbar, C., Utomo, D.S.C., Hudaidah, S., Setyawan, A. 2020. Manajemen waktu dan jumlah pemberian pakan dalam meningkatkan pertumbuhan dan sintasan ikan gabus, Channa striata (Bloch, 1793). J. Aquatropica Asia 5: 1–8.

APHA, AWWA, WEF. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater.

Boonyaratpalin, M. 1997. Nutrient requirements of tropical fish. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Boyd, C.E. 1998. Water quality for pond aquaculture. Auburn University.

Boyd, C.E., McNevin, A.A., Davis, R.P., Hanson, T.R. 2012. Aquaculture sustainability in practice: environmental management and key performance indicators. Auburn University.

Crook, D.A., Nielsen, D.L., Brown, P., Petrie, R.T., Dunne, C., McPhan, L.M., Rees, G.N. 2024. Living with hypoxia: residence and site fidelity by golden perch (Macquaria ambigua) in habitats affected by methane seeps and chronic hypoxia. Freshw. Biol. 69: 769–781.

De Silva, S.S., Anderson, T.A. 1995. Fish nutrition in aquaculture. Chapman Hall.

Ebeling, J.M., Timmons, M.B. 2010. Recirculating aquaculture. Cayuga Aqua Ventures.

Endo, M., Saitou, M., Takeuchi, T. 2004. Determination of optimal feeding level and estimation of growth in larval and juvenile tilapia, Oreochromis niloticus fed on Moina macrocopa. Aquac. Sci. 52: 159–165.

Gao, X., Wang, X., Wang, X., Li, H., Xu, L., Fang, Y., Cao, S., Huang, B., Chen, H., Xing, R., Liu, B. 2022. Effect of winter feeding frequency on growth performance, biochemical blood parameters, oxidative stress, and appetite-related genes in Takifugu rubripes. Fish Physiol. Biochem. 48: 1167–1181.

Hassan, H.U., Ali, Q.M., Khan, W., Masood, Z., Abdel-Aziz, M.F.A., Shah, M.I.A., Gabol, K., Wattu, J., Mahmood, C.A., Kamal, M., Zulfiqar, T., Hossain, M.Y. 2021. Effect of feeding frequency as a rearing system on biological performance, survival, body chemical composition, and economic efficiency of Asian seabass Lates calcarifer (Bloch, 1790) reared under controlled environmental conditions in Saudi Arabia. Saudi J. Biol. Sci. 28: 7360–7366.

Islam, M.A., Samad, M.A., Paul, D., Al Asif, A., Hossain, A. 2021. Feeding frequency on the growth and production of endemic near-threatened Ompok pabda (Hamilton 1822) in pond setup. Asian-Australas. J. Biosci. Biotechnol. 6: 89–102.

Ortega, V.A., Renner, K.J., Bernier, N.J. 2005. Appetite-suppressing effects of ammonia exposure in rainbow trout associated with regional and temporal activation of brain monoaminergic and CRF systems. J. Exp. Biol. 208: 1855–1866.

Paul, P., Islam, M.S., Hasanuzzaman, A.F.M. 2023. Water quality, nutritional, hematological, and growth profiles of Ompok pabda fish fry reared in biofloc technology and traditional culture system with different stocking densities. Animals 14: 90.

สาขาส่งเสริมการเกษตร และคหกรรมศาสตร์

(Subject: Agricultural Extension and Home Economics)

ภาคบรรยาย

(Oral Presentation)

การพัฒนาแนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ สวก.1 ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Development of technology transfer approach for peanut seed production of 'Kasetsart ARDA 1' variety in Northeastern Thailand

ปริญญารัตน์ ภูศิริ, วิไลพร ชวศรี, เชาวพรรณ อัครวิสิทธิ์กุล*

Parinyarat Poosiri, Wilaiporn Chawasri, Chaowapan Akkarawisitkul*

กองวิจัยและพัฒนางานส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กรุงเทพ 10900

Agricultural Extension Research and Development Division, Department of Agricultural Extension, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี ความพึงพอใจ และการสร้างเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 ในพื้นที่ 12 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 480 รายแบบเฉพาะเจาะจง วิธีวิจัยผสานวิธีทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์ ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ข้อมูลเชิงคุณภาพวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่อายุมากกว่า 50 ปี หนึ่งในสามใช้เครื่องจักรกลในการปลูกและเก็บเกี่ยว แนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีประกอบด้วย (1) การจัดทำแปลงสาธิตเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ (2) การสาธิตและใช้เครื่องจักรกลการเกษตร เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อเทคโนโลยีในระดับมาก ส่วนการสร้างเครือข่ายระหว่างเกษตรกรกับภาคีที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้เกิดเครือข่ายหลายระดับ ซึ่งเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงในระดับภูมิภาคได้

คำสำคัญ: การส่งเสริมการเกษตร, ถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1, ภาคีเครือข่าย

Abstract

This study aimed to investigate the farmers' basic information, technology transfer approaches, satisfaction levels, and the development of farmer networks for Kasetsart ARDA 1 peanut variety cultivation across 12 provinces in the Northeast. A purposive sample of 480 farmers was selected. A mixed-methods research approach, combining quantitative and qualitative methods, was employed. Data were collected using interview questionnaires; quantitative data were analyzed using descriptive statistics, while qualitative data were analyzed through content analysis. The results found that most farmers were over 50 years of age. One-third of the farmers used machinery for planting and harvesting. The technology transfer approaches consisted of: (1) establishing technology demonstration plots for seed production, and (2) demonstrations and utilization of agricultural machinery. Farmers expressed a high level of satisfaction with the technology. Furthermore, networks built between farmers and relevant networks resulted in the creation of multi-level networks, serving as a model for developing peanut seed systems at the regional level.

Keywords: Agricultural Extension, Collaborative networks, Kasetsart ARDA 1 peanut variety

คำนำ

ถั่วลิสงเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบปลูกพืชของประเทศไทย สามารถปลูกได้ตลอดปี แต่นิยมปลูกหลังการทำนาปีหรือที่เรียกว่า “ถั่วลิสงหลังนา” เนื่องจากใช้น้ำน้อยกว่าข้าวนาปรัง มีความต้องการของตลาดสูง ช่วยตัดวงจรศัตรูพืชของข้าว และช่วยปรับปรุงบำรุงดิน จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2567/68 พบว่าประเทศไทยมีความต้องการใช้ถั่วลิสงสูงถึง 119, 917 ตัน เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แต่มีการนำเข้าสูงถึง 98,589 ตัน ในปี 2567/68 เนื้อที่เพาะปลูกลดลง เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง มีความเสี่ยงจากสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน และเป็นพืชที่ใช้แรงงานมาก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567)

ถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 ได้รับการพัฒนาโดยภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ด้วยการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) มีลักษณะเด่น คือ ต้านทานโรคยอดไหม้ ให้ผลผลิตสูง คุณภาพดี เหมาะสมต่อการแปรรูป และปรับตัวได้ดีในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ได้รับการรับรองพันธุ์พืชจากกรมวิชาการเกษตรในปี 2563 (เจตษฎา, 2558) ในปี 2564 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับกรมส่งเสริมการเกษตรจัดทำแปลงสาธิต ณ ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 7 จังหวัดมหาสารคาม และศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 10 จังหวัดอุดรธานี และแปลงเกษตรกร พบว่าพันธุ์ดังกล่าวให้ผลผลิตสูง และเป็นที่พึงพอใจของเกษตรกร อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงที่คุณภาพดียังไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากข้อจำกัดด้านการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์และยังขาดการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากงานวิจัยสู่เกษตรกรอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะการยกระดับมาตรฐานการผลิตตั้งแต่เกษตรกรรายย่อยจนถึงระดับอุตสาหกรรม การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงจากงานวิจัยต้นแบบมาถ่ายทอดสู่เกษตรกรผ่านกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เพื่อขยายผลการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ สวก.1 และสร้างเครือข่ายผู้ปลูกถั่วลิสงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างหน่วยงานวิชาการกับหน่วยงานส่งเสริมการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัย คือ เกษตรกรผู้มีประสบการณ์ในการปลูกถั่วลิสงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุม 12 จังหวัด ได้แก่ อุดรธานี ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ยโสธร ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ อำนาจเจริญ มุกดาหาร นครพนม และสกลนคร

กลุ่มตัวอย่างคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และกรมส่งเสริมการเกษตร ร่วมกำหนดเกณฑ์ ดังนี้ (1) พื้นที่เหมาะสมในการปลูกถั่วลิสง คือ ฤดูฝนเป็นพื้นที่ดอน น้ำท่วมไม่ถึง และฤดูแล้งมีน้ำเพียงพอ (2) มีประสบการณ์และศักยภาพในการผลิตเมล็ดพันธุ์ และ (3) ยินยอมใช้พื้นที่เป็นแหล่งเรียนรู้ คัดเลือกจังหวัดละ 1 กลุ่ม ๆ ละ 20 ราย ฤดูฝน 240 ราย และฤดูแล้ง 240 ราย รวม 480 ราย

2.เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.1 เครื่องมือสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Intervention)

1) แปลงสาธิตการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 จังหวัดละ 2 ไร่ ในฤดูฝนและฤดูแล้ง รวมพื้นที่ 48 ไร่ โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม ได้แก่ เมล็ดพันธุ์คุณภาพ การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต (เฉพาะฤดูฝน) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน การใช้ยิปซัม และการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน

2) การสาธิตและใช้เครื่องจักรกลการเกษตรในขั้นตอนปลูก เก็บเกี่ยว และจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ เครื่องปลูก เครื่องขุด และเครื่องปลิดฝัก

3) การจัดเวทีชุมชนเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการสร้างเครือข่ายระดับพื้นที่

2.2 เครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล (Instrument for Data Collection)

1) ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้จากแบบสัมภาษณ์ก่อนและหลังเข้าร่วมโครงการ แบบบันทึกการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยตรวจสอบความงอกตามมาตรฐาน ISTA

2) ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้จากการสนทนากลุ่ม เพื่อสรุปการเรียนรู้ และการนำเทคโนโลยีไปใช้

3. การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล แบ่งตามประเด็นข้อมูล ดังนี้

3.1 ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive analysis) ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย

3.2 ข้อมูลความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อการนำเทคโนโลยีไปปฏิบัติ มีมาตรวัดระดับความพึงพอใจแบบประเมินค่า 3 ระดับ คือ ระดับ 1 พึงพอใจระดับน้อย ระดับ 2 พึงพอใจระดับปานกลาง ระดับ 3 พึงพอใจระดับมาก วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย แปลผลข้อมูลตามช่วงคะแนน คะแนน 1.00-1.66 หมายถึง ความพึงพอใจน้อย คะแนน 1.67-2.33 หมายถึง ความพึงพอใจปานกลาง คะแนน 2.34-3.00 หมายถึง ความพึงพอใจมาก

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากแบบสัมภาษณ์ก่อนและหลังเข้าร่วมโครงการ และการสนทนากลุ่ม นำมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis) เพื่อสังเคราะห์ประเด็นด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี การนำไปใช้จริง ปัญหาและข้อจำกัด และการสร้างเครือข่าย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ จาก Table 1 พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกถั่วลิสงส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 50 ปี และเป็นสมาชิกศูนย์เมล็ดพันธุ์พืชตระกูลถั่วชุมชน แปลงใหญ่ และวิสาหกิจชุมชน พันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดคือ ไทนาน 9 รองลงมาคือ ขอนแก่น เกษตรกรส่วนใหญ่เก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง ขณะที่บางรายต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ในฤดูแล้ง ส่งผลให้ต้นทุนสูงขึ้น ปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในฤดูฝนเฉลี่ย 20.43 กก./ไร่ สูงกว่าฤดูแล้ง (17.5 กก./ไร่) เนื่องจากฤดูฝนปลูกยากกว่า พื้นที่ปลูกเฉลี่ยทั้งสองฤดูอยู่ที่ 1.76-1.88 ไร่ เกษตรกรใช้แรงงานในครัวเรือน มีเพียงหนึ่งในสามที่ใช้เครื่องจักรกลในการปลูกและเก็บเกี่ยว เกษตรกรร้อยละ 55 จำหน่ายผลผลิตให้พ่อค้า ร้อยละ 35.8 จำหน่ายเอง

วิธีการผลิตของเกษตรกรทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง จาก Table 2 มีขั้นตอนเหมือนกันทั้ง 2 ฤดู ได้แก่ การไถเตรียมดินยกร่อง 20–25 ซม. หยอดหลุมละ 3–4 เมล็ด และให้น้ำทุก 7–10 วัน ปุ๋ยที่ใช้ในฤดูฝนใส่เพียงครั้งเดียว ขณะที่ฤดูแล้งใส่ 2 ครั้ง มีการใช้ฮอร์โมน น้ำหมักอินทรีย์ กำจัดวัชพืชด้วยแรงงานคนและสารคลุมดิน (อะลาคลอร์) รวมถึงจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน ในฤดูฝนเกษตรกรมักขายถั่วลิสงฝักสดโดยไม่ตาก ส่วนฤดูแล้งต้องตากผลผลิต 3 - 4 วัน ก่อนจำหน่าย

ผลการวิเคราะห์ต้นทุน พบว่าฤดูฝนมีต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 4,437.45 บาท/ไร่ ฤดูแล้ง 5,438.53 บาท/ไร่ ต้นทุนหลักคือ ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าแรงงาน และค่าเช่าเครื่องจักรกล สอดคล้องกับ วีระ (2528) อ้างถึงใน วรยุทธ์ (2558) รายงานว่า ต้นทุนการผลิตถั่วลิสงสูงเนื่องจากการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดีที่มีคุณภาพ โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ปลูกในฤดูแล้งหลังนา และเมล็ดพันธุ์มีราคาแพงขึ้น ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตถั่วลิสงที่จะสูงขึ้นตาม ในส่วนของแรงงานซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้สูงวัย จึงจำเป็นต้องจ้างแรงงานในการปลูกและการเก็บเกี่ยวก็เป็นการเพิ่มต้นทุนเช่นเดียวกัน นอกจากนี้การปลูกถั่วลิสงในฤดูฝนมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบาด ผลผลิตเสียหายโดยเฉพาะช่วงเก็บเกี่ยว กรมส่งเสริมการเกษตร (2557) ซึ่งต้องมีการตรวจแปลงและดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ

Table 1 Basic Information of Peanut Farmers

Item	Summary
Average age of farmers	Over 50 years
Membership	Community-based legume seed centers, large-scale farming groups, community enterprises
Preferred peanut varieties	Tainan 9 (most popular), followed by Khon Kaen variety
Seed sourcing	Mostly self-saved seeds; some purchase seeds for dry-season planting
Average seed rate	Rainy season: 20.43 kg/rai; Dry season: 17.5 kg/rai
Average cultivated area	Rainy season: 1.76 rai; Dry season: 1.88 rai
Labor use	Mostly household labor
Use of machinery	About one-third adopt modified machinery (e.g., rice seeders, cassava diggers)
Marketing channels	55% sell to traders; 35.8% self-selling; 9.2% sell to processing factories

Table 2 Peanut Production Practices in the Rainy and Dry Seasons

Production Step	Description
Land preparation	Primary tillage ⟶ secondary tillage ⟶ 20–25 cm ridging
Planting method	3–4 seeds per hole, 10 cm depth; spacing 20 × 25–30 cm
Irrigation	First month: every 7 days; after that: every 10 days; sources include groundwater, furrow irrigation, and drip irrigation
Fertilizer application (rainy season)	One application : 15 - 15 - 15 or 16 - 16 - 8
Fertilizer application (dry season)	Two applications: 15 - 15 - 15 (basal) and 16 - 16 - 8 (topdressing), 25 kg/rai each
Additional inputs	Hormones and organic liquid fertilizers at 45 days after planting
Weed control	Manual weeding + pre-emergence herbicide (alachlor)
Pest and disease management	Integrated methods
Harvesting	At 90 and 120 days, mainly manual labor
Post-harvest drying	Rainy season : mostly not dried (sold fresh) / Dry season : sun - dried for 3–4 days

2.แนวทางถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 มี 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่หนึ่ง การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 ผ่านแปลงสาธิตในพื้นที่เกษตรกร 2 ไร่ ทำให้เกษตรกรได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริงที่ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เช่น การใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ การใช้ปุ๋ยตามความต้องการของถั่วลิสง และการใส่ยิบซั่มช่วยให้เมล็ดเต็มฝัก การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตช่วยลดการยืดเลื้อยของถั่วลิสงในฤดูฝน ทำให้การดูแลรักษาและการจัดการทำได้ง่าย แปลงสาธิตให้ผลผลิตรวม 2,312 กิโลกรัม ในฤดูฝน และ 4,245 กิโลกรัม ในฤดูแล้ง แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของพันธุ์นี้ภายใต้สภาพพื้นที่จริง ซึ่ง

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sulaiman and Hall (2002) รายงานว่าการสาธิตในแปลงเกษตรกรมีประสิทธิภาพสูงในการเพิ่มความรู้ทางเทคนิคและอัตราการนำเทคโนโลยีไปใช้ของเกษตรกร วิธีที่สอง คือ การสาธิตและใช้เครื่องจักรกลการเกษตร คือ เครื่องปลูกติดท้ายรถแทรกเตอร์ที่สามารถหยอดเมล็ด ยกร่อง ใส่ปุ๋ย และพ่นสารกำจัดวัชพืชได้ในครั้งเดียว ทำให้ปลูก 2 ไร่ได้ภายใน 1 ชั่วโมง จากเดิมที่ต้องใช้แรงงาน 5–6 คน และเวลามากกว่า 6 ชั่วโมง ข้อจำกัดที่พบ คือ การหยอดเมล็ดไม่สม่ำเสมอ การอุดตันในดินเหนียว การยกร่องสูงทำให้ใช้น้ำมาก และไม่เหมาะกับพื้นที่ดันนาขนาดเล็ก เครื่องขุดช่วยลดงานได้ แต่ประสิทธิภาพลดลงในดินเหนียวหรือพื้นที่ชื้น ทำให้มีเมล็ดตกค้าง ส่วนเครื่องปลิดฝักลดแรงงานได้ดี แต่ยังต้องปรับปรุงเพื่อลดเมล็ดแตก (ร้อยละ 20) และลดการติดขั้วเมล็ด แสดงดัง Fig. 1



Fig. 1 Agricultural machinery used for planting, harvesting, and peanut pod detaching

3. ความพึงพอใจต่อเทคโนโลยีการผลิตถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 จาก Table 3 และ Table 4 พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความพึงพอใจระดับสูง (ค่าเฉลี่ย 2.62) เนื่องจากพันธุ์ สวก.1 มีผลผลิตดี ต้านทานโรคยอดไหม้ เมล็ดเต็ม และรสชาติดี การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต 100–200 ppm ที่อายุ 46 และ 60 วัน ควบคุมความสูงและความกว้างของทรงพุ่มได้ดี ทำให้ดูแลง่ายในฤดูฝน ส่วนการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ยิปซัม 50 กก./ไร่ ช่วยให้เมล็ดเต็มฝักและเพิ่มผลผลิต ความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดความรู้และการนำไปใช้อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.12) เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงปัจจัยการผลิต เช่น ยิปซัม ปุ๋ยแม่ หรือสารควบคุมการเจริญเติบโต ทั้งนี้แม้การศึกษาพบว่าการใช้ยิปซัมสามารถเพิ่มการดูดซึมธาตุอาหารและประสิทธิภาพการผลิตของพืชได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่การนำไปใช้จริงในระบบการผลิตยังอาจเผชิญข้อจำกัดด้านต้นทุนและการเข้าถึงปัจจัยการผลิตของเกษตรกรรายย่อย (Zielewicz และคณะ, 2566) เกษตรกรบางรายต้องการเห็นผลในระยะยาวเพื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เดิม ส่วนเทคโนโลยีด้านการจัดการศัตรูพืชยังมีความพึงพอใจปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.96) เนื่องจากพบโรคใบจุด โรคโคนเน่า เสี้ยนดิน และด้วงกุหลาบในบางพื้นที่ โดยสรุปเกษตรกรมีความพึงพอใจต่อเทคโนโลยีการผลิตถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 62.7 และมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 36.5 โดยเหตุผลสำคัญ คือ การได้เข้าถึงพันธุ์ใหม่ที่มีคุณภาพดีและเทคโนโลยีการผลิตที่นำไปใช้ได้จริงในพื้นที่ และมีเพียงร้อยละ 0.83 มีความพึงพอใจน้อย

Table 3 Farmers' satisfaction with promoted technologies (3-point Likert scale)

Technology / Practice	Rainy season (Mean ± SD)	Dry season (Mean ± SD)	Satisfaction Level
Kasetsart ARDA 1 seed variety	High (2.55 ± 0.53)	High (2.55 ± 0.52)	High (2.55 ± 0.53)
Paclobutrazol	High (2.63 ± 0.50)	Not used	High (2.63 ± 0.50)
Fertilizer based on soil results	High (2.48 ± 0.59)	High (2.65 ± 0.49)	High (2.57 ± 0.54)
Integrated pest management (IPM)	Low (1.46 ± 0.55)	High (2.45 ± 0.55)	Moderate (1.96 ± 0.55)
Knowledge transfer activities	Low (1.60 ± 0.54)	High (2.63 ± 0.54)	Moderate (2.12 ± 0.54)

Note: Values are presented as Mean ± SD. An average score of 1.00–1.66 indicates low satisfaction; 1.67–2.33 indicates moderate satisfaction; and 2.34–3.00 indicates high satisfaction.

Table 4 Overall satisfaction of farmers with the Kasetsart ARDA 1 peanut production technology for enhancing yield and quality in Northeastern Thailand

Satisfaction Level	Rainy Season (%)	Dry Season (%)	Average (%)
High	50.4	75.0	62.7
Moderate	48.8	24.2	36.5
Low	0.83	0.83	0.83

Note: Overall Satisfaction Score = 2.62

4. การสร้างเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 ใน 12 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเป้าหมายร่วมคือต้องการให้ชุมชนมีเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ดีไว้ใช้ในชุมชน วิธีการสร้างเครือข่ายมี 5 วิธี ดังนี้ 1) การบูรณาการกับภาคีเครือข่ายทุกภาคส่วนทั้งภาครัฐ เอกชน สถาบันการศึกษา และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในการขับเคลื่อนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลถั่วชุมชน 2) การจัดเวทีชุมชน 2 เวที เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 และการใช้เครื่องจักรกลในการปลูก และการเก็บเกี่ยว 3) การสื่อสารผ่านกลุ่ม Line 4) จัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการระหว่างตัวแทนกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกถั่วลิสงในฤดูฝนและฤดูแล้ง เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สรุปบทเรียน และวางแผนการกระจายพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ สวก.1 และ 5) การจัดทำฐานข้อมูลสมาชิก แสดงดัง Fig. 2 จากวิธีการสร้างเครือข่ายดังกล่าว สามารถสร้างเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1 ตามขอบเขตพื้นที่ในระดับตำบลได้ 11 เครือข่าย ระดับอำเภอ 5 เครือข่าย ระดับจังหวัด 1 เครือข่าย และระดับเขต 1 เครือข่าย โดยจะมีการสื่อสารระหว่างเครือข่ายในฤดูการปลูกถั่วลิสงในฤดูฝนและฤดูแล้ง ในประเด็น (1) การกระจายเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ สวก.1 (2) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้เทคโนโลยีการปลูกและการดูแลรักษาเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง และ (3) การเพิ่มช่องทางการตลาด เช่น จังหวัดนครพนมขายเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงให้พื้นที่ที่ไม่สามารถปลูกถั่วลิสงในฤดูฝน (อำเภอจังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด) จากการมีภาคีเครือข่ายช่วยขับเคลื่อนการทำงานในพื้นที่ส่งผลให้ชุมชนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง เพิ่มโอกาสในการแก้ไขปัญหาที่ตรงจุดและทันต่อสถานการณ์ ทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น รวมทั้งเพิ่มช่องทางการขายให้กับบริษัท หรือเครือข่ายในพื้นที่อื่นๆ ที่มีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วลิสง (จังหวัดยโสธร) สอดคล้องกับ วชิราภรณ์ และคณะ (2559) กล่าวถึงแนวคิดความร่วมมือ (Collaboration) เป็นการทำงานใน

รูปแบบใหม่ที่มุ่งเน้นการสร้างความร่วมมือระหว่างองค์กรตั้งแต่ 2 องค์กรขึ้น ซึ่งความร่วมมือดังกล่าวทำให้เกิดความร่วมมือ ทั้งการออกแบบกระบวนการในการให้บริการสาธารณะใหม่ จากเดิมที่เน้นการทำงานตามภารกิจขององค์กรแต่ละแห่งด้วยทรัพยากรของตนเองมาสู่การแลกเปลี่ยนหรือใช้ทรัพยากรร่วมกัน และตัดสินใจร่วมกันมากขึ้น

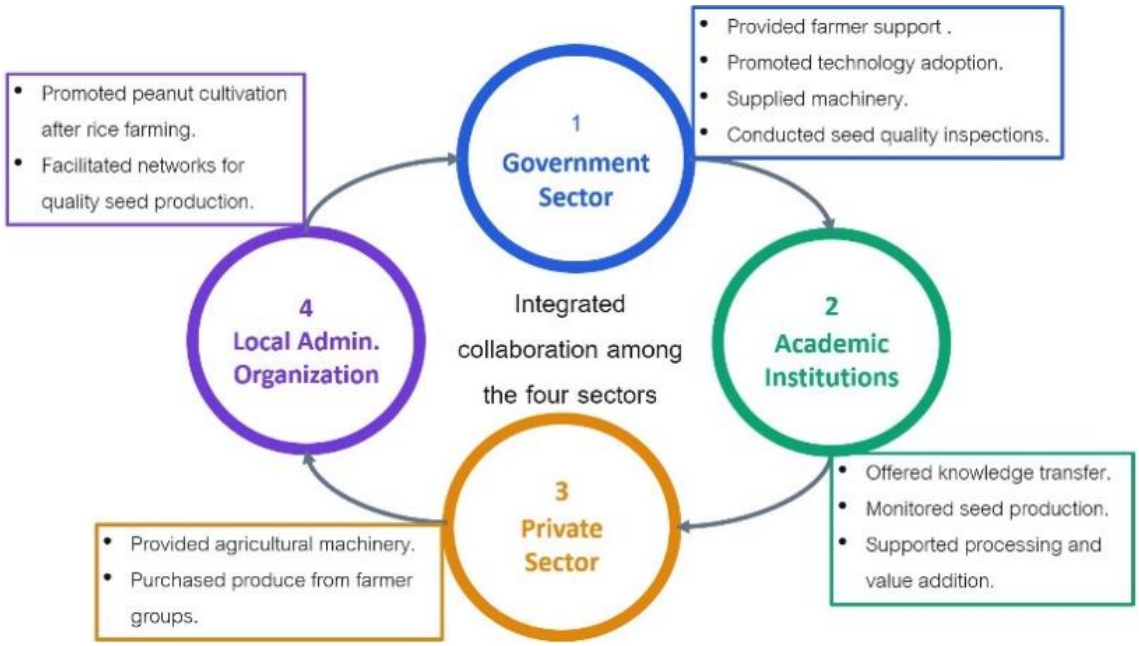


Fig. 2 Integrated collaboration among the four sectors

สรุป

การพัฒนาแนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ สวก.1 ใน 12 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้วิธีการถ่ายทอดชุดเทคโนโลยีที่เหมาะสมและปรับให้สอดคล้องกับบริบทพื้นที่ ประกอบด้วย 1) การจัดทำแปลงสาธิตเทคโนโลยีในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ สวก.1 ในพื้นที่เกษตรกร ทั้งการใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ การจัดการธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดิน การใช้สารยับยั้งการเจริญเติบโตในฤดูฝน และการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน 2) การสาธิตการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรในการปลูก และการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง ช่วยลดแรงงานและระยะเวลาในการผลิต แม้ยังมีข้อจำกัดด้านความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ซึ่งควรมีการวิจัยเพื่อปรับปรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับสภาพดินและบริบทการใช้งานของเกษตรกร และ 3) การเชื่อมโยงภาคีเครือข่ายหลายภาคส่วน ซึ่งมีเป้าหมายร่วมคือการสร้างความมั่นคงด้านเมล็ดพันธุ์ในระดับชุมชน โดยใช้กระบวนการสร้างเครือข่าย 5 วิธี ได้แก่ การบูรณาการภาคีทุกภาคส่วน การจัดเวทีชุมชน การสื่อสารผ่านกลุ่ม Line การจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการ และการจัดทำฐานข้อมูลสมาชิก ผลการดำเนินงานสามารถสร้างเครือข่ายได้หลายระดับ ตั้งแต่ระดับตำบล อำเภอ จังหวัด และระดับเขต โดยมีการสื่อสารและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเครือข่ายอย่างต่อเนื่องในประเด็นการกระจายเมล็ดพันธุ์ เทคโนโลยีการผลิต และการตลาด ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาแนวทางดังกล่าว ได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกร การลดความเสี่ยงในการผลิตเนื่องจากมีแผนการผลิตและกระจายเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงในชุมชนและภายนอกชุมชน ส่งผลให้เกษตรกรมีผลผลิตและรายได้เพิ่มขึ้น ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยครั้งต่อไปคือ การวิจัย

และพัฒนาเกษตรกรต้นแบบ ชุมชนต้นแบบ เพื่อให้ได้โมเดลในการพัฒนาระบบผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเพื่อใช้ในชุมชนได้อย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนทุนวิจัยปี 2566 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และกรมวิชาการเกษตรที่ให้ความร่วมมือด้านเทคโนโลยีการผลิตและเครื่องจักรกล ตลอดจนขอขอบคุณเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรทุกท่านที่ร่วมดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. การจัดทำศูนย์เมล็ดพันธุ์พืชชุมชน (ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง). กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 134 หน้า

เจตษฎา อุตรพันธ์. 2558. ถั่วลิสงพันธุ์ใหม่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ สวก.1. สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ 2567.จาก https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=68564

วรยุทธ ศิริชุมพันธ์. 2558. รายงานชุดโครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาถั่วลิสง. Research and development on Peanut. กรมวิชาการเกษตร.

วชิราภรณ์ กาญจนะ พัด ลวางกูร นิธิตา สิริพงศ์ทักษิณ และ ศิริรักษ์ นิทัศน์เอก. 2559. การบริหารจัดการบนฐานความร่วมมือของภาคีเครือข่ายภาครัฐ และภาคประชาสังคมตามพระราชบัญญัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาการตั้งครรภ์ในวัยรุ่น พ.ศ. 2559. มหาวิทยาลัยรามคำแหง, https://so04.tcihaijo.org/index.php/SSRUJPD/article/view/271770/183633, 9 มกราคม 2569.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2567. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, www.oae.go.th, 9 มกราคม 2569.

Zielewicz, W., Wanic, M., Nowakowski, M., et al. 2023. Mutual effect of gypsum and potassium on nutrient uptake, growth, and yield of plants. Plants.

Sulaiman, V.R., Hall, A. 2002. Beyond technology dissemination: Reinventing agricultural extension. Outlook Agric. 31: 225–233.

Factors influencing hemp cultivation practices among farmers in Northern Thailand

Ritdeach Suta*, Juthathip Chalermphol, Rut Sirisunyaluk, Budsara Limnirunkul
Agricultural Extension and Rural Development, Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: kaikemegg2@gmail.com

Abstract

This study aimed to examine the practices of hemp farmers in northern Thailand and factors influencing them. A quantitative research design was employed. Data were collected via a self-administered questionnaire based on literature and previous studies. The population comprised registered hemp farmers, with 336 respondents selected using Taro Yamane's formula and simple random sampling. Data were collected from farmers in Chiang Mai, Chiang Rai, and Tak provinces. Descriptive statistics (frequency, percentage, mean, standard deviation) described farmers' characteristics multiple linear regression analyzed influencing factors at 0.05 significance level. Results indicated most were full-time farmers with small households and limited cultivation areas. Correlation showed significant relationships among practice-related variables. Regression revealed positions in farmer groups, access to cultivation information, training participation, and provincial differences significantly influenced practices, whereas some socioeconomic factors were not significant. Overall, strengthening farmer organizations, extension services, and training could enhance sustainable hemp cultivation in Northern Thailand.

Keywords: Factors Influencing, Farmers, Hemp, Northern Thailand, Practices

Introduction

Hemp, or *Cannabis sativa*, is a fiber crop that has gained increasing attention in recent years due to its diverse industrial applications. Hemp has long been cultivated and utilized in many countries, with its seeds being consumed and processed on an industrial scale in more than 30 countries worldwide. Hemp cultivation is generally categorized into three main types: cultivation for fiber production, seed production, and the harvesting of shoots and flowers for cannabidiol (CBD) extraction. In 2019, major hemp-producing countries included the United States, China, Colombia, Canada, and South Korea. Although hemp cultivated for CBD production yielded relatively low output (approximately 50 kg per acre), its high market price resulted in substantial economic returns, making hemp a promising economic crop (Lee, 2019).

According to the Ministry of Industry of Thailand (2022), the global industrial hemp market has shown rapid growth following regulatory relaxation in several countries, including the United States, Canada, Australia, the European Union, China, Japan, and South Korea. The global market value of industrial hemp in 2020 was estimated at approximately 142 billion baht, with an average annual growth rate of 22.4%, and it was projected to reach approximately 558 billion baht by 2027. In response to these trends, Thailand has promoted the commercialization of hemp as a new economic crop in alignment with the Bio-Circular-Green (BCG) economic model. This policy aims to enhance economic value, generate employment, strengthen the grassroots economy, and support sustainable and environmentally friendly development.

Following the relaxation of laws governing narcotic plants, hemp cultivation expanded across various regions of Thailand, making hemp production a new agricultural activity for Thai farmers. However, limited empirical evidence has existed regarding farmers' behavior and the factors influencing hemp cultivation practices in Thailand.

Therefore, this study aimed to investigate farmers' factors related to hemp cultivation practices in Thailand in order to support the development of a sustainable production base for future hemp exportation.

Research Objectives

1. To examine hemp cultivation practices among farmers in Northern Thailand.
2. To analyze the factors influencing hemp cultivation practices among farmers in Northern Thailand.

Materials and Methods

Methodology

This study employed a quantitative research design. Data were gathered from relevant reference documents and previous research studies, which served as the foundation for developing a self-administered questionnaire in accordance with the research objectives. The questionnaire was used as the primary research instrument for data collection in this study.

Participants

The study population consisted of farmers registered for hemp cultivation in the northern region of Thailand. The sample size was determined using Taro Yamane's formula (Yamane, 1973), resulting in a total of 336 respondents. Multistage Sampling was employed to select participants for data collection.

Data Collection

Data collection was conducted through the distribution of questionnaires to hemp farmers in selected provinces in Northern Thailand. Primary data were collected from farmers in Chiang Mai, Chiang Rai, and Tak provinces. Specifically, data were obtained from 20 districts in Chiang Mai Province (San Sai, Mae Rim, Doi Lor, Fang, Samoeng, Hang Dong, Mae Wang, Chiang Dao, Chom Thong, Mae Taeng, Mueang, Doi Saket, Phrao, San Kamphaeng, Mae Ai, San Pa Tong, Chai Prakan, Mae On, and Saraphi), 14 districts in Chiang Rai Province (Mae Sai, Wiang Chai, Phan, Doi Luang, Chiang Saen, Wiang Pa Pao, Wiang Chiang Rung, Chiang Khong, Phaya Mengrai, Mae Lao, Mae Chan, Mueang, Thoeng, and Mae Suai), and three districts in Tak Province (Phop Phra, Mae Sot, and Sam Ngao).

Data collection was conducted according to predetermined dates, times, and locations arranged with the farmers to ensure completion of the required sample size. All completed

questionnaires were compiled, screened, and prepared for data analysis. The findings were subsequently summarized and interpreted.

Data Analysis

The collected data were analyzed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

A significance level of 0.05 was used as the criterion for statistical significance. Descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, were used to analyze the general characteristics of the farmers and their cultivation practices. Inferential statistics were employed to examine factors influencing farmers' cultivation practices. Multiple linear regression analysis was conducted at the 95% confidence level.

Results and Discussion

The results indicated that hemp farmers in Northern Thailand were predominantly engaged in agriculture as their main occupation, with many also holding secondary employment. Most respondents were heads of households, with relatively small household sizes and limited labor availability. All respondents cultivated hemp primarily for fiber production, and most operated on a small scale, with an average cultivation area of approximately one rai per household. Farmers mainly acquired knowledge about hemp cultivation through agricultural extension officers, and most had participated in training programs at least twice. A substantial proportion of farmers reported monthly incomes exceeding 35,000 THB. Geographically, more than half of the respondents were located in Chiang Mai Province. Overall, the descriptive statistics indicated moderate variation in farmers' socioeconomic characteristics and hemp cultivation practices, as shown in Table 1.

The multiple linear regression analysis was conducted to examine the effects of socioeconomic and farming-related factors on farmers' hemp cultivation practices in Northern Thailand. The overall regression model was statistically significant at the 0.05 level ($F = 1.753$, $p = 0.050$), with a coefficient of determination (R^2) of 0.066, indicating that the independent variables collectively explained 6.6% of the variance in farmers' cultivation practices.

Table 1 Presents the percentages and standard deviations of hemp cultivation practices among farmers

Variable	Meaning	percent	SD
Main occupation	Farmer	52.7	.81919
Secondary occupation	General Employee	81.3	1.71197
Number of members in the household	3 people	26.8	1.38427
Household status	Head of Family	79.5	.40456
Number of workers in the household	2 people	55.4	.69891
Plants grown	Hemp	69.0	.54623
Positions in the group	Group members	52.7	.50003
Monthly income	More Than 35,000 THB.	67.0	.28627
Number of times planted(years)	1 Times	100	1.27096
Get to know hemp	Agricultural Extension Officer	100	.27225
Number of times attended the training	2 Times	61.6	1.24463
Purposes for planting	Fiber	92.0	.34099
Area	1 rai	24.1	.79651
Provinces	Chiang Mai	52.7	.77844

Note. * *N*=336

Among the explanatory variables, positions in farmer groups had a statistically significant negative effect on farmers' cultivation practices (β = -0.329, p = 0.026). In addition, sources of hemp cultivation knowledge showed a significant negative relationship with cultivation practices (β = -0.133, p = 0.018). Provincial location was also found to be a significant predictor, with a negative standardized coefficient (β = -0.461, p = 0.005), indicating differences in cultivation practices across provinces.

Other variables, including main occupation, secondary occupation, household characteristics, income, cultivated area, purposes of planting, and training frequency, did not show statistically significant effects at the 0.05 level. However, years of hemp cultivation experience demonstrated a positive association with cultivation practices at a marginal significance level (B = 1.603, p = 0.072), as shown in Table 2.

Table 2 presents the results of the multiple regression analysis examining factors influencing farmers' cultivation practices.

Variables	Standardize Beta	t	Sig
Main occupation	-.090	-1.635	.103
Secondary occupation	-.088	-1.628	.102
Number of members in the household	.028	.479	.632
Household status	.050	.885	.377
Number of workers in the household	.010	.177	.860
Plants grown	.079	1.398	.163
Positions in the group	-.329	-2.235	.026
Monthly income	-.008	-.152	.880
Number of times planted(years)	1.603	1.808	.072
Get to know hemp	-.133	-2.385	.018
Number of times attended the training	-1.486	-1.676	.095
Purposes for planting	.090	1.621	.106
Area	.001	.017	.986
Provinces	-.461	-2.849	.005
R2 = .066 SEE = 3.06383 F = 1.753 Sig. of F = .050			

The findings indicated that hemp cultivation in Northern Thailand was predominantly undertaken by farmers who relied on agriculture as their primary occupation, although many also engaged in secondary employment. This dual-occupation pattern reflected income diversification strategies commonly adopted by farmers to reduce economic risk. The predominance of heads of households among respondents suggested that hemp cultivation decisions were largely made by individuals with primary responsibility for household livelihoods. The presence of a limited number of household workers underscored the labor-intensive nature of hemp cultivation and the importance of household labor availability in influencing farming practices. The relatively high income level reported by many respondents suggested that hemp cultivation may have contributed positively to household economic conditions, consistent with previous studies indicating the economic potential of hemp as a high-value crop. The results also emphasized the

critical role of agricultural extension officers as the primary source of information regarding hemp cultivation. Universal awareness of hemp through extension services demonstrated the effectiveness of government-supported knowledge transfer mechanisms. However, although most farmers had attended training programs, the limited frequency of training suggested the need for continuous capacity-building initiatives to enhance technical knowledge and practical skills. The predominance of fiber-oriented hemp cultivation reflected farmers' preference for relatively lower-risk production compared with other hemp applications, such as CBD extraction, which often requires higher investment and stricter regulatory compliance. The small average cultivation area indicated that hemp production remained at a small-scale or pilot level for many farmers, possibly due to regulatory constraints, market uncertainty, or limited access to resources. Geographically, the concentration of hemp farmers in Chiang Mai Province highlighted the province's role as a key area for hemp cultivation in Northern Thailand, likely due to favorable agro-climatic conditions and stronger institutional support networks. Overall, the results suggested that farmers' practices were shaped by a combination of socio-economic characteristics, access to extension services, training opportunities, and production objectives.

The findings indicated that hemp cultivation in Northern Thailand was predominantly undertaken by farmers whose primary occupation was agriculture, although many also engaged in secondary employment. This dual-occupation pattern reflects income diversification strategies commonly adopted by farmers to mitigate economic risk, particularly when cultivating relatively new or regulated crops such as hemp. The predominance of household heads among respondents suggests that decisions regarding hemp cultivation were largely made by individuals bearing primary responsibility for household livelihoods and economic stability.

The limited number of household laborers reported by most respondents highlights the labor-intensive nature of hemp cultivation and underscores the importance of household labor availability in shaping cultivation practices. The relatively high income levels reported by many farmers suggest that hemp cultivation may contribute positively to household economic conditions, supporting previous studies that identify hemp as a potentially high-value crop when supported by appropriate institutional and market conditions. However, despite these economic prospects, the small average cultivation area indicates that hemp production remains at a small-scale or pilot level for many farmers. This may be attributed to regulatory constraints, market uncertainty, limited access to capital, or cautious risk management strategies.

The results further emphasized the critical role of agricultural extension officers as the primary source of hemp cultivation knowledge. Universal awareness of hemp through extension services demonstrates the effectiveness of government-supported knowledge dissemination mechanisms. Nevertheless, although most farmers had participated in training programs, the relatively low frequency of training suggests a need for continuous and systematic capacity-building initiatives to enhance technical knowledge and practical skills, particularly for a crop that is subject to regulatory oversight and evolving production standards.

The predominance of fiber-oriented hemp cultivation reflects farmers' preference for production systems perceived as lower risk compared with alternative uses such as CBD extraction, which typically require higher investment, more advanced technical expertise, and stricter regulatory compliance. Geographically, the concentration of hemp farmers in Chiang Mai Province highlights the province's role as a key area for hemp cultivation in Northern Thailand, likely due to favorable agro-climatic conditions, stronger institutional support, and more established extension networks.

Consistent with the regression analysis, the findings suggest that farmers' hemp cultivation practices were influenced more by institutional and contextual factors than by basic socio-economic characteristics. The significant effect of farmers' positions within groups indicates that roles in community or cooperative structures shape decision-making processes and the adoption of cultivation practices. This finding aligns with previous studies emphasizing the importance of social organization, leadership, and collective action in agricultural innovation and farm management behavior (Rogers, 2003; FAO, 2017).

The significant influence of sources of hemp cultivation knowledge further underscores the central role of information access and knowledge transfer in shaping farmers' practices. In particular, the role of agricultural extension services remains critical for newly introduced or regulated crops, as supported by earlier research on technology adoption and extension effectiveness (Anderson and Feder, 2007; Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2022). Additionally, the significance of provincial location reflects spatial heterogeneity in agro-climatic conditions, institutional support systems, and regulatory implementation, reinforcing the importance of regional context and local governance in shaping agricultural behavior (Doss, 2006; FAO, 2020).

Although most socio-economic variables were not statistically significant, the positive association between years of hemp cultivation experience and farming practices suggests that experiential learning contributes to gradual improvements in cultivation management. This finding is consistent with learning-by-doing theories, which emphasize accumulated experience as a key driver of improved farm performance over time (Knowler and Bradshaw, 2007).

Finally, the relatively low coefficient of determination (R^2) observed in this study is consistent with previous behavioral and agricultural research, in which farmers' practices are influenced by complex, context-specific, and often unobserved factors that are difficult to fully capture using quantitative socio-economic and farming-related variables. The regression model primarily incorporated structural and demographic factors, while psychological, attitudinal, and perception-based variables—which may play a critical role in shaping farmers' cultivation practices—were not included. Consequently, a substantial proportion of unexplained variance remains, resulting in a modest R^2 value. Nevertheless, the model effectively identifies key institutional and contextual factors influencing hemp cultivation practices, thereby providing valuable insights for policy design and extension strategies.

Conclusion and Recommendation

The findings of this study indicate that hemp cultivation practices in Northern Thailand are shaped primarily by institutional, informational, and regional factors rather than by basic socio-economic characteristics. Agricultural extension services, farmers' roles within groups, sources of knowledge, and provincial context play a significant role in influencing cultivation practices, while farming experience contributes gradually through learning-by-doing.

Based on these findings, several policy and practical implications can be drawn. First, agricultural extension services should be strengthened through continuous, region-specific training programs and regular on-site follow-up to enhance farmers' technical competence and regulatory compliance. Second, strengthening farmer groups and cooperative structures can promote knowledge sharing, leadership development, and collective decision-making, thereby improving cultivation practices, particularly among small-scale and part-time farmers. Third, given the significant provincial differences, localized policy interventions should be developed to address region-specific constraints related to agro-climatic conditions, resource availability, and regulatory implementation. Finally, policies supporting long-term engagement in hemp

cultivation—such as technical mentoring systems and pilot-to-commercial transition programs—would help farmers accumulate experience, reduce production risks, and support the sustainable development of the hemp sector in Thailand

Acknowledgments

Thank you to the Faculty of Agriculture for the resource in searching for information and the Highland Research and Development Institute (Public Organization) for basic information for hemp farmers.

References

Anderson, J.R., Feder, G. 2007. Agricultural extension. In: Handbook of agricultural economics. Elsevier, pp. 2343–2378.

Doss, C.R. 2006. Analyzing technology adoption using microstudies: Limitations, challenges, and opportunities for improvement. Agric. Econ. 34: 207–219.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. The future of food and agriculture: Trends and challenges. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. Regional overview of food security and nutrition. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. Hemp: A nature-based solution toward sustainable agriculture. FAO.

Knowler, D., Bradshaw, B. 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent studies. J. Environ. Manage. 84: 25–37.

Lee, V. 2019. Projections: U.S. leads in global hemp cultivation. Cannabis Business Times.

Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2022. Policy on hemp and cannabis promotion in Thailand.

Rogers, E.M. 2003. Diffusion of innovations. Free Press.

Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory analysis. Harper & Row

สาขาพืช

(Subject: Plants)

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

การปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7

Improvement and selection on the seventh-generation lines of sweet sorghum

อำไพ พรหมณเรศ* ถวิล นิลพยัคฆ์, ณัฐณิชา สิทธิเดช, ธำรงศิลป โพธิสูง

Amphai Promnaret*, Tawil Nilpayak, Nutnicha Sittidech, Thamrongsilpa Pothisoong

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30320

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

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

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อพัฒนาข้าวฟ่างหวานพันธุ์ใหม่ให้ได้ผลผลิตต้นสดและความหวานสูง โดยวิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบจดประวัติ เริ่มดำเนินการผสมข้าวฟ่างหวานในฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2563 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ได้ลูกชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 14 คู่ผสม นำมาปลูกคัดเลือกโดยเน้นที่ความหวาน ความสูงต้น ขนาดลำต้น และลักษณะทางการเกษตรที่ดี โดยคัดเลือกอย่างต่อเนื่อง 7 ชั่วรุ่น และปลูกคัดเลือกลูกชั่วรุ่นที่ 7 ในฤดูต้นฝนปี 2567 จำนวน 54 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ดีเด่นได้เป็นลูกชั่วรุ่นที่ 8 จำนวน 26 สายพันธุ์ พบว่าข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 8 จำนวน 26 สายพันธุ์ดังกล่าวให้ค่าความหวาน 14.0–19.0 องศาบริกซ์ ความสูงต้น 273–339 เซนติเมตร ขนาดลำต้น 16.7–28.8 มิลลิเมตร อายุดอกบาน 50% 71–89 วัน ความยาวก้านช่อดอก 8.9–37.7 เซนติเมตร ความยาวช่อดอก 16.5–27.9 เซนติเมตร ผลผลิตต้นสด 7.73–15.07 ตันต่อไร่ ผลผลิตต้นสดที่ลอกใบ 5.87–11.87 ตันต่อไร่ และปริมาณน้ำคั้น 1,893–5,600 ลิตรต่อไร่ ซึ่งข้าวฟ่างหวานที่คัดเลือกได้จะนำไปปลูกทดสอบผลผลิตเบื้องต้นต่อไป

คำสำคัญ: การคัดเลือกพันธุ์, การปรับปรุงพันธุ์, ข้าวฟ่างหวาน

Abstract

This research was to develop new sweet sorghum varieties with high stalk yield and sweetness by pedigree selection method. Sweet sorghum breeding began in the 2020, early rainy season at the National Corn and Sorghum Research Center. Fourteen F_1 crosses were obtained and selected based on sweetness, plant height, stalk size, and good agronomic traits. The selection was carried out continuously for 7 generations (F_1-F_7). The 54 lines of F_7 generations were grown in the 2024, early rainy season and 26 lines were selected for F_8 generations. The results showed that 26 lines had 14.0–19.0 °Brix of sweetness, 273–339 cm of plant height, and 16.7–28.8 mm of stalk size. Yield and agronomic characters were 71–89 days of 50% flowering, 8.9–37.7 cm of panicle exertion, 16.5–27.9 cm of panicle length, 7.73–15.07 tons/rai of stalk yield, 5.87–11.87 tons/rai of strip stalk yield, and 1,893–5,600 Liter/rai of juice quantity. The selected sweet sorghum lines will be planted further for preliminary yield trial.

Keywords: Crop improvement, Line selection, Sweet sorghum

คำนำ

ข้าวฟ่างหวาน (sweet sorghum) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sorghum bicolor* (L.) Moench เป็นพืชล้มลุกฤดูเดียว ใช้ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเมล็ด 120 ถึง 180 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุกรรม ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ดีในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง เมล็ดสามารถงอกได้ในอุณหภูมิของดิน 10–12 องศาเซลเซียส (°C) ขณะที่ต้นกล้าไม่ทนต่ออุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 30–36 °C และทนต่ออุณหภูมิสูงได้ถึง 40 °C (Umakanth et al., 2019) ข้าวฟ่างหวานมีการเพาะปลูกทั่วไปทั้งในเขตร้อน เขตกึ่งร้อน และเขตอบอุ่น ในทวีปเอเชีย ยุโรป อเมริกา และแอฟริกา สามารถนำต้นข้าวฟ่างหวานไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น เมล็ดใช้เป็นอาหารมนุษย์ และอาหารสัตว์ น้ำคั้นจากลำต้น ใช้ทำน้ำเชื่อม น้ำตาล แอลกอฮอล์ สุรา และน้ำส้มสายชู ลำต้นส่วนที่เหลือจากการคั้นเอาน้ำหวานแล้ว ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์ ทำเชื้อเพลิง หรือทำเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อน เป็นต้น (ประสิทธิ์, 2548) ปัจจุบันประเทศไทยมีการเพาะปลูก และใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานน้อยมาก เนื่องจากมีพืชไร่หลายชนิดที่ให้ผลตอบแทนสูงกว่าข้าวฟ่างหวาน แต่ก็ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการปลูกและผลิตข้าวฟ่างหวานมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งข้าวฟ่างหวานถือเป็นพืชทางเลือกที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่สามารถใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ และพืชทดแทนพลังงาน ข้าวฟ่างหวานจึงได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากปลูกง่าย และมีอายุเก็บเกี่ยวสั้น

ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่างหวานให้ได้สายพันธุ์ใหม่ที่ให้ลักษณะตามที่ต้องการนั้น จำเป็นต้องมีการผสมข้ามระหว่างพันธุ์เพื่อสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมแล้วคัดเลือกจากความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ (phenotypic variation) ซึ่งจะมีมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genotypic variation) และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม โดยที่ความแปรปรวนของพันธุกรรมเป็นผลมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรมของพืชแต่ละต้นในประชากรนั้น (Agrawal, 1998)

ดังนั้นโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่างของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการพัฒนาข้าวฟ่างหวานพันธุ์ใหม่ โดยเน้นที่ค่าความหวาน และผลผลิตต้นสดที่ดี โดยเริ่มปลูกผสมพันธุ์ในฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2563 และ ในฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2567 ปลูกชั่วรุ่นที่ 7 (F7) เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ความหวาน ผลผลิตต้นสดสูง ลำต้นมีขนาดใหญ่ และมีลักษณะทางการเกษตรที่ดี ไว้สำหรับปลูกทดสอบผลผลิตเบื้องต้น และเป็นพันธุ์แนะนำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การผสมและคัดเลือกพันธุ์

นำข้าวฟ่างหวานสายพันธุ์แม่ จำนวน 3 พันธุ์ และสายพันธุ์พ่อ จำนวน 5 พันธุ์ มาปลูกในแปลงผสมพันธุ์ ในฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2563 เมื่อข้าวฟ่างหวานสายพันธุ์แม่ออกดอก ทำการกำจัดเกสรตัวผู้ด้วยมือ (hand emasculation) แล้วผสมกับสายพันธุ์พ่อ ได้ลูกชั่วรุ่นที่ 1 ทั้งหมด 14 คู่ผสม และนำข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 1 ไปปลูกคัดเลือกในฤดูต่าง ๆ ด้วยวิธีจดประวัติ (pedigree selection method) ดังนี้ ปลูกคัดเลือกลูกชั่วรุ่นที่ 1 ถึง ชั่วรุ่นที่ 4 แบบ 1 ช่อต่อ 1 แถว ในฤดูแล้งปี พ.ศ. 2564, ฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2564, ฤดูแล้งปี พ.ศ. 2565 และฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2565 ตามลำดับ และปลูกคัดเลือกลูกชั่วรุ่นที่ 5 ถึงชั่วรุ่นที่ 7 แบบ 1 ช่อต่อ 4 แถว ในฤดูแล้งปี พ.ศ. 2566, ฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2566 และฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2567 ตามลำดับ ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

การปลูกและการดูแลรักษา

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 จำนวน 54 สายพันธุ์ ปลูกในแปลงทดลอง จำนวน 4 แถวต่อ 1 สายพันธุ์ แถวยาว 4 เมตร โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระหว่างต้น 8 เซนติเมตร เตรียมพื้นที่ปลูกโดยการไถ 2 ครั้ง พรวน 1 ครั้ง ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15–15–15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ยกร่องปลูกให้สูง 15 เซนติเมตร เปิดสันร่องลึก 5 เซนติเมตร หยอดเมล็ดลงในร่อง จำนวน 100 เมล็ดต่อแถว กลบเมล็ดแล้วให้น้ำชลประทาน หลังจากให้น้ำแล้ว 1–2 วัน พ่นด้วยอะทราซีน อัตรา 400 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เพื่อควบคุมวัชพืช เมื่อข้าวฟ่างอายุ 7, 14 และ 21 วัน พ่นด้วยคาร์โบซัลแฟน (carbosulfan) เพื่อป้องกันหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง (shootfly, *Atherigona soccata* Rond.) จากนั้นถอนแยกข้าวฟ่างเมื่อข้าวฟ่างอายุ 10–14 วัน ให้ระยะห่างระหว่างต้น 8 เซนติเมตร หรือ 51 ต้นต่อแถว เมื่อข้าวฟ่างอายุ 21 วัน กำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องชักร่อง และเมื่อข้าวฟ่างอายุ 30 วัน ใส่ปุ๋ยแต่งหน้าสูตร 46–0–0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บข้อมูลข้าวฟ่างจาก 2 แถวกลาง

การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลที่ทำการบันทึกได้แก่ 1) ค่าความหวาน โดยวัดความหวานของน้ำคั้นจากต้นข้าวฟ่างหวาน จำนวน 10 ต้น ด้วยเครื่อง portable refractometer FG-103 Brix 0–32% 2) ความสูงต้น โดยการวัดความสูงต้นที่มีความสูงปกติจากระดับพื้นดินที่โคนต้นจนถึงปลายช่อดอกข้าวฟ่าง ในระยะที่ข้าวฟ่างติดเมล็ด สุ่มจำนวน 10 ต้นต่อสายพันธุ์ 3) ขนาดลำต้น โดยการวัดขนาดต้นข้าวฟ่างที่ลอกใบบริเวณกลางปล้องที่ 3 (นับจากด้านล่าง) จำนวน 10 ต้นต่อสายพันธุ์ 4) อายุดอกบาน 50% โดยบันทึกข้อมูลการออกดอกของข้าวฟ่างตั้งแต่วันที่เมล็ดข้าวฟ่างได้รับน้ำครั้งแรก จนถึงวันที่ข้าวฟ่างออกดอกและบานเกินกว่าครึ่งช่อ และเกินกว่า 50% ของต้นข้าวฟ่างทั้งหมด 5) ความยาวก้านช่อดอก โดยการวัดความยาวก้านช่อดอกจากฐานของใบธงถึงฐานของช่อดอกข้าวฟ่างในระยะที่ข้าวฟ่างติดเมล็ด จำนวน 10 ต้นต่อสายพันธุ์ 6) ความยาวช่อดอก โดยการวัดความยาวช่อจากฐานช่อจนถึงปลายช่อดอกข้าวฟ่าง ในระยะที่ข้าวฟ่างติดเมล็ด จำนวน 10 ต้นต่อสายพันธุ์ 7) ผลผลิตต้นสด โดยการตัดลำต้นจาก 2 แถวกลางให้ชิดดิน เมื่อข้าวฟ่างอายุ 25 วันหลังดอกบาน มาตัดช่อดอกและดึงใบออก นำไปชั่งน้ำหนัก 8) ปริมาณน้ำคั้น นำต้นข้าวฟ่างหวานจากข้อที่ 7) มาคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำอ้อยแล้วนำมาตวงในกระบอกตวง 9) สีของเมล็ด ประเมินด้วยสายตา แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มสี คือ สีขาว และสีแดง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ดำเนินการปลูกคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 จำนวน 54 สายพันธุ์ ในฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2567 เดือนมีนาคม 2567 ถึงกรกฎาคม 2567 โดยคัดเลือกแบบจดประวัติ สามารถคัดเลือกข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 8 สายพันธุ์ที่มีความโดดเด่นได้ 26 สายพันธุ์ ที่ให้ลักษณะความหวาน ความสูง ขนาดลำต้น และลักษณะทางการเกษตรที่ดีเด่น (Table 1) ดังนี้

ค่าความหวาน ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 ที่คัดเลือก จำนวน 26 สายพันธุ์มีค่าความหวานระหว่าง 14.0–19.0 องศาบริกซ์ เฉลี่ย 16.0 องศาบริกซ์ โดยมีรายงานว่าน้ำในลำต้นข้าวฟ่างหวานที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา มีความหวานระหว่าง 10.0–25.0 องศาบริกซ์ (Pei et al., 2010) และที่ระยะหลังสุกแก่ทางสรีรวิทยา ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความหวานของน้ำในลำต้น (Kumar et al., 2010; Anonymous, 2024) และช่วงแสงไม่มีอิทธิพลต่อความหวานของน้ำในลำต้น (สุจินต์ และคณะ, 2554)

ความสูงต้น ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 ที่คัดเลือก จำนวน 26 สายพันธุ์มีความสูงระหว่าง 273–339 เซนติเมตร เฉลี่ย 298 เซนติเมตร ธำรงศิลป์ (2531) รายงานว่าข้าวฟ่างมีความสูงตั้งแต่ 50–500 เซนติเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยของ

Rakhmetova et al. (2020) พบว่า ข้าวฟ่างหวานสามารถเจริญเติบโตและสูงได้มากกว่า 300 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพันธุกรรม ความชื้นของดิน วิธีการปลูก และปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวฟ่างได้รับ (Liubych et al., 2021)

ขนาดลำต้น ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 ที่คัดเลือก จำนวน 26 สายพันธุ์มีขนาดลำต้นระหว่าง 16.7–28.8 มิลลิเมตร เฉลี่ย 19.8 มิลลิเมตร ธำรงศิลป (2531) รายงานว่า ข้าวฟ่างมีขนาดลำต้นตั้งแต่ 5.0–30.0 มิลลิเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโต (Lestari et al., 2020) สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุจินต์ และคณะ (2554) พบว่า ช่วงแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหวาน โดยข้าวฟ่างหวานที่ปลูกระหว่างเดือนสิงหาคม-กันยายน จะออกดอกเร็วขึ้น ทำให้ขนาดลำต้นเล็ก

อายุออกดอก 50% ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 ที่คัดเลือก จำนวน 26 สายพันธุ์มีอายุออกดอก 50% ระหว่าง 71–89 วัน เฉลี่ย 78 วัน ซึ่งจัดเป็นระยะการออกดอกเร็ว ทำให้มีอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 95–120 วัน หลังปลูก โดยสุจินต์ และคณะ (2554) รายงานว่าการปลูกข้าวฟ่างหวานตั้งแต่เดือนกันยายนเป็นต้นไป ช่วงการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหวานจะอยู่ในระดับที่เริ่มเข้าสู่วันสั้น (short day) จะทำให้ข้าวฟ่างหวานออกดอกเร็ว Hussain et al. (2011) รายงานว่าอายุออกดอกเป็นตัวบ่งชี้ศักยภาพของพันธุ์พืชบางชนิดในการปรับตัวเข้ากับสภาวะที่รุนแรง เช่น ภัยแล้งและภาวะขาดน้ำ พันธุ์พืชที่ออกดอกเร็วมีศักยภาพในการปรับตัวเข้ากับสภาวะที่รุนแรงและการคัดเลือกโดยธรรมชาติได้ดีกว่าพันธุ์พืชที่ออกดอกช้า ซึ่งยังยืนยันทฤษฎีของ Haussmann et al. (2006) ที่ว่าการออกดอกเร็วในข้าวฟ่างลูกผสมเป็นการปรับตัวเฉพาะที่สำคัญที่สุดต่อสภาวะแห้งแล้งรุนแรง

ความยาวก้านช่อดอก ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 ที่คัดเลือก จำนวน 26 สายพันธุ์มีความยาวก้านช่อระหว่าง 8.9–37.7 เซนติเมตร เฉลี่ย 18.1 เซนติเมตร สามารถแบ่งกลุ่มความยาวก้านช่อดอกไว้ดังนี้ ก้านช่อดอกสั้น สั้นกว่า 2.0 ซม. ก้านช่อดอกยาวปานกลาง อยู่ระหว่าง 2.0–10.0 ซม. ก้านช่อดอกยาว ยาวมากกว่า 10.0 ซม. ก้านช่อดอกโค้ง และไม่มีก้านช่อดอก คือ ใบธงหุ้มช่อดอกข้าวฟ่างบางส่วน (ธำรงศิลป, 2537)

ความยาวช่อดอก ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 ที่คัดเลือก จำนวน 26 สายพันธุ์มีความยาวช่อดอกระหว่าง 16.5–27.9 เซนติเมตร เฉลี่ย 21.7 เซนติเมตร ซึ่งความยาวช่อดอกข้าวฟ่างขึ้นอยู่กับพันธุกรรม (Liubych et al., 2021) Rakhmetova et al. (2020) รายงานว่าช่อดอกข้าวฟ่างที่ยาวและมีขนาดใหญ่สามารถผลิตเมล็ดได้มาก แต่หากมองในการพัฒนาพันธุ์ข้าวฟ่างให้มีความหวานนั้นการพัฒนาพันธุ์ข้าวฟ่างหวานให้มีความสูงมากและช่อดอกขนาดเล็กจะตรงตามความต้องการมากกว่า เนื่องจากช่อดอกข้าวฟ่างที่ยาวและมีขนาดใหญ่อาจมีผลต่อความหวานได้

ผลผลิตต้นสด ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 ที่คัดเลือก จำนวน 26 สายพันธุ์ให้ผลผลิตต้นสดระหว่าง 5.87–11.87 ตันต่อไร่ เฉลี่ย 8.69 ตันต่อไร่ ซึ่งสุจินต์ และคณะ (2554) รายงานว่าการปลูกข้าวฟ่างหวานในช่วงปลายปี (สิงหาคม-กันยายน) เป็นต้นไปการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหวานจะอยู่ในระดับที่เริ่มเข้าสู่วันสั้นส่งผลให้ผลผลิตต้นสดต่ำกว่าการปลูกข้าวฟ่างหวานช่วงกลางปี (มีนาคมถึงกรกฎาคม) โดยที่ข้าวฟ่างหวานที่มีความสูงของลำต้นมากจะมีผลทำให้ผลผลิตต้นสดสูงขึ้นด้วย (Lestari et al., 2020)

ปริมาณน้ำคั้น ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 ที่คัดเลือก จำนวน 26 สายพันธุ์มีปริมาณน้ำคั้นตั้งแต่ 1,893–5,600 ลิตรต่อไร่ เฉลี่ย 3,971 ลิตรต่อไร่ ซึ่งการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานนั้น เป็นการใช้ประโยชน์โดยตรงจากน้ำคั้นในลำต้น ดังนั้นการปลูกข้าวฟ่างหวานในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน จะทำให้ข้าวฟ่างหวานออกดอกเร็วขึ้น ลำต้นเตี้ยลง ขนาดลำต้นเล็กลง จึงส่งผลให้ผลผลิตต้นลดลงมาก ปริมาณน้ำคั้นจึงลดลงตามไปด้วย (สุจินต์ และคณะ, 2554) โดย Zhang et al. (2018) พบว่า เมื่อข้าวฟ่างหวานซึ่งมีลักษณะฉ่ำน้ำเจริญเติบโตเต็มที่จะมีปริมาณน้ำในลำต้นตั้งแต่ 66–83% โดยที่ปริมาณน้ำในลำต้นข้าวฟ่างหวานจะมีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต

สีของเมล็ด ข้าวฟ่างหวานลูกชั่วรุ่นที่ 7 ที่คัดเลือก 26 สายพันธุ์ เมื่อประเมินด้วยสายตา พบว่า เมล็ดมีสีแดง ซึ่งข้อควรระวังในการจดบันทึกสีของเมล็ดข้าวฟ่างคือ ถ้าเมล็ดถูกทำลายโดยโรคและแมลง หรือสภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติ รวมทั้งการจัดการของมนุษย์ เช่น การคลุมซ่อ หรือการฉีดพ่นสารเคมี อาจทำให้สีของเมล็ดเปลี่ยนแปลงได้ (ธำรงศิลป์, 2537)

Table 1 Some agronomic characteristics of the 26 outstanding F_7 lines sweet sorghum selected from 54 lines in the 2024, early rainy season

Entry No.	Lines	SW (°brix)	PHT (cm)	SS (mm)	F (day)	PEL (cm)	PL (cm)	SY (tons/rai)	JQ (L/rai)	KC
1	S 7006	15.9	282	21.2	75	8.9	26.7	9.20	4,440	R
2	S 7008	15.1	307	21.9	71	30.9	27.9	11.87	5,200	R
3	S 7010	14.0	302	28.8	72	22.4	19.2	10.13	5,067	R
4	S 7024	15.2	273	22.0	89	14.4	20.3	6.80	2,667	R
5	S 7025	17.5	313	18.1	78	13.8	23.2	7.73	4,133	R
6	S 7027	16.0	283	18.8	79	19.6	18.8	7.73	3,787	R
7	S 7028	15.2	324	17.8	79	18.3	16.5	7.60	3,253	R
8	S 7029	15.0	296	17.0	76	18.3	18.3	8.40	4,640	R
9	S 7032	19.0	282	18.5	78	19.7	22.0	5.87	1,893	R
10	S 7036	15.1	310	17.5	80	17.1	23.1	7.07	3,200	R
11	S 7037	17.0	307	20.6	81	17.2	20.0	9.60	3,733	R
12	S 7038	17.2	302	19.2	80	15.4	24.1	11.47	5,600	R
13	S 7040	15.5	301	19.4	80	16.3	23.7	9.33	4,533	R
14	S 7044	15.9	277	18.0	80	16.6	22.3	9.07	3,333	R
15	S 7046	16.7	324	20.6	80	13.3	27.4	10.13	4,640	R
16	S 7047	18.0	294	19.3	79	16.1	22.5	8.80	4,000	R
17	S 7048	15.9	273	21.6	79	14.0	21.0	8.40	3,893	R
18	S 7050	16.6	292	17.6	79	14.8	24.7	7.47	3,920	R
19	S 7051	15.6	317	24.1	74	27.4	22.5	9.33	3,760	R
20	S 7059	16.2	305	21.8	81	15.6	20.4	8.67	4,000	R
21	S 7060	15.8	279	17.5	80	13.7	20.5	8.53	4,160	R
22	S 7061	15.6	294	19.0	80	37.7	19.7	8.27	3,893	R
23	S 7062	15.9	307	21.1	82	20.1	19.4	10.40	4,187	R
24	S 7063	15.8	290	17.0	73	21.5	16.5	6.53	3,067	R
25	S 7065	15.8	273	16.7	76	13.0	20.7	7.60	3,840	R
26	S 7068	15.4	339	20.1	79	15.3	23.6	10.00	4,400	R
	Min	14.0	273	16.7	71	8.9	16.5	5.87	1,893	
	Max	19.0	339	28.8	89	37.7	27.9	11.87	5,600	
	Mean	16.0	298	19.8	78	18.1	21.7	8.69	3,971	

SW = sweetness (°brix), PHT = plant height (cm), SS = stalk size (mm), F = 50% flowering (day), PEL = panicle exertion length (cm), PL = panicle length (cm), SY = stalk yield (tons/rai), JQ = juice quantity (L/rai), KC = kernel color (R = red)

การคัดเลือกข้าวฟ่างหวานโดยวิธีจดประวัติเป็นวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพทั้งลักษณะการให้ผลผลิตและลักษณะความหวาน ซึ่งสายพันธุ์พ่อแม่ที่คัดเลือกมาใช้เพื่อการปรับปรุงพันธุ์เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้รุ่นลูกมีลักษณะตรงตามความต้องการ (กฤษฎา, 2544) อย่างไรก็ตามการคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างหวานแบบจดประวัตินี้สามารถคัดเลือกลักษณะผลผลิตต้นสด และลักษณะความหวานได้พร้อม ๆ กันทั้ง 2 ลักษณะ ซึ่งการคัดเลือกลักษณะความหวานจะต้องระมัดระวังเรื่องการให้น้ำชลประทาน และฝนตกช่วงเก็บเกี่ยว ซึ่งจะทำให้ความหวานของน้ำที่คั้นลดลง (ธำรงศิลป และคณะ, 2551)

สรุปผลการทดลอง

การปลูกคัดเลือกข้าวฟ่างหวานชั่วรุ่นที่ 7 ในฤดูต้นฝนปี พ.ศ. 2567 จำนวน 54 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกข้าวฟ่างหวานได้ 26 สายพันธุ์ ซึ่งมีศักยภาพที่ดีในการให้ค่าความหวาน ความสูง และขนาดลำต้นที่ดี คือ ค่าความหวานเฉลี่ย 16.0 องศาบริกซ์ ความสูงต้นเฉลี่ย 298 เซนติเมตร และขนาดลำต้นเฉลี่ย 19.8 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางการเกษตรที่ดี คือ ผลผลิตต้นสดเฉลี่ย 8.69 ตันต่อไร่ และปริมาณน้ำคั้นเฉลี่ย 3,971 ลิตรต่อไร่ ซึ่งจะนำไปปลูกทดสอบผลผลิตเบื้องต้น ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้งบอุดหนุนวิจัยอย่างต่อเนื่อง ขอขอบคุณบุคลากรศูนย์วิจัยฯ ที่มีส่วนร่วมในโครงการทุกท่าน และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้คำแนะนำจนการวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2544. ปรับปรุงพันธุ์พืช: ความหลากหลายกับแนวคิด. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ธำรงศิลป โพธิสูง. 2531. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง. เอกสารวิชาการลำดับที่ 4. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา.

ธำรงศิลป โพธิสูง. 2537. การเก็บข้อมูลงานทดลองวิจัย และการรวบรวมเชื้อพันธุกรรมของข้าวฟ่าง. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา.

ธำรงศิลป โพธิสูง, สมชาย ปิยพันธวานนท์, ถวิล นิลพยัคฆ์. 2551. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่างหวานให้ผลผลิตต้นสดและความหวานสูงโดยวิธีการจดประวัติ. ใน: เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 556–562.

ประสิทธิ์ ใจศิล. 2548. ข้าวฟ่างหวาน พืชทดแทนพลังงานที่มีศักยภาพ. ใน: เอกสารประกอบการสัมมนาระดมความคิดเห็นเรื่อง พืชทดแทนพลังงานที่มีศักยภาพ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. หน้า 62–94.

สุจินต์ รงฤทธิ์, เกษสุดา เดชภิมล, ประสิทธิ์ ใจศิล. 2554. อิทธิพลของวันปลูก ต่อผลผลิตต้นสดและลักษณะทางการเกษตรของข้าวฟ่างหวาน. แก่นเกษตร 39: 131–136.

Agrawal, R.L. 1998. Fundamentals of plant breeding and hybrid seed production. Science Publishers, Inc. New Hampshire, USA.

Anonymous. 2024. Sweet sorghum. ECHO Community.

Haussmann, B., Schipprack, I.G., Geiger, H.H. 2006. Hybrid performance of sorghum and its relationship to morphological and physiological traits under variable drought stress in Kenya. Plant Breed. 117: 223–229.

Hussain, N., Baloch, M.S., Yousaf, M., Naeem, M., Khakwani, A.A., Begum, I. 2011. Performance of sorghum varieties in Potohar region.

Kumar, C.G., Fatima, A., Rao, P.S., Reddy, B.V.S., Rathore, A., Rao, R.N., Khalid, S., Kumar, A.A., Kamal, A. 2010. Characterization of improved sweet sorghum genotypes for biochemical parameters, sugar yield and its attributes at different phenological stages. Sugar Tech. 12: 322–328.

Lestari, E.G., Dewi, I.S., Yunita, R., Nur, A. 2020. Agronomy characters evaluation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) mutants. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 484: 012019. doi.org/10.1088/1755-1315/484/1/012019

Liubych, V.V., Storozhyk, L.I., Voitovska, V.I., Tereshchenko, I.S., Losieva, A.I. 2021. Agrobiological parameters of various cultivars and hybrids of sweet sorghum. Plant Var. Stud. Prot. 17: 193–198. doi.org/10.21498/2518-1017.17.3.2021.242966

Pei, Z., Gao, J., Chen, Q., et al. 2010. Genetic diversity of elite sweet sorghum genotypes assessed by SSR marker. Biol. Plant. 54: 653–658.

Rakhmetova, S.O., Vergun, O.M., Blume, R.Y., et al. 2020. Ethanol production potential of sweet sorghum in north and central Ukraine. Open Agric. J. 14: 321–338. doi.org/10.2174/1874331502014010321

Umakanth, A.V., Kumar, A.A., Vermerris, W., Tonapi, V.A. 2019. Sweet sorghum for biofuel industry. In: Aruna, C., Visarada, K.B.R.S., Bhat, B.V., Tonapi, V.A. (Eds.). Breeding sorghum for diverse end uses. Woodhead Publishing. Duxford, United Kingdom. 255–270.

Zhang, L.M., Leng, C.Y., Luo, H., et al. 2018. Sweet sorghum originated through selection of Dry, a plant-specific NAC transcription factor gene. Plant Cell 30: 2286–2307.

การประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากกรมวิชาการเกษตรเพื่อใช้เป็นข้าวโพดหมักอาหารสัตว์

Assessment of the yield potential and nutritional value of maize varieties from DOA for use as silage

ปริญญา การสมเจตน์[a,*], สุริพัฒน์ ไทยเทศ[a], ทัศนีย์ บุตรทอง[b], ชัยวัฒน์ นันทโชติ[b]
Parinya kansomjet[a,*], Suriphat Thaitad[a], Thadsanee Budthong[b], Chaiyawat Nantachot[b]

[a] สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพฯ 10900
[b] ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ นครสวรรค์ 60190
[a] Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Bangkok 10900, Thailand
[b] Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Nakhon Sawan 60190, Thailand
*Corresponding author. E-mail address: parinya.ku@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้เป็นข้าวโพดหมักอาหารสัตว์ ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมดีเด่น ประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และพันธุ์ตรวจสอบ รวม 32 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกแถวยาว 5.0 เมตร จำนวน 6 แถว/แปลงย่อย โดยใช้ระยะปลูก 70 × 20 เซนติเมตร ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ผลการศึกษา พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ NSX252001 NSX252009 NSX252014 NP99202 C7 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดทั้งต้นพร้อมฝักอยู่ระหว่าง 8,718–9,216 กก./ไร่ และน้ำหนักแห้งทั้งต้นพร้อมฝักสูงระหว่าง 3,209–3,534 กก./ไร่ ไม่แตกต่างจากพันธุ์ลูกผสมการค้าที่ทดสอบ นอกจากนั้นยังมีคุณค่าทางโภชนะที่ดี โดยมีค่าวัตถุแห้งระหว่าง 31.0–34.4 เปอร์เซ็นต์ ค่า pH ระหว่าง 3.78–4.17 โปรตีนหยาบระหว่าง 7.87–8.91 และเยื่อใยหยาบระหว่าง 18.8–20.3 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมสำหรับเป็นพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์หมักเพื่อแนะนำพันธุ์ต่อเกษตรกรในอนาคต

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, ข้าวโพดหมัก, คุณค่าทางโภชนะ, ผลผลิต

Abstract

This study aimed to evaluate the yield potential and nutritional quality of maize varieties for use as corn silage. Thirty-two entries—including promising hybrid lines, maize populations, and check varieties—were tested in a randomized complete block design (RCBD) with 3 replications. Each plot consisted of six rows planted at a spacing of 70 × 20 cm at the Nakhon Sawan Field Crops Research Center. Results showed that forage maize varieties NSX252001, NSX252009, NSX252014, NP99202 C7 produced whole-plant fresh yields with ears ranging from 8,718 to 9,216 kg/rai and dry yields ranging from 3,209 to 3,534 kg/rai, which were not significantly different from the commercial hybrids. These varieties also exhibited favorable nutritional values, with dry matter content of 31.0–34.4%, pH values of 3.78–4.17, crude protein of 7.87–8.91%, and crude fiber of 18.8–20.3%. Overall, the results indicate that these forage maize varieties are suitable candidates for silage production and have strong potential for future recommendations to farmers

Keywords: Corn silage, Maize, Nutritional value, Yield

คำนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทยมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ความต้องการอาหารหยาบสำหรับสัตว์เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย (กรมปศุสัตว์, 2565) อย่างไรก็ตาม การผลิตพืชอาหารสัตว์ยังเผชิญข้อจำกัดด้านปริมาณและฤดูกาล โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่มักเกิดภาวะขาดแคลน ทำให้เกษตรกรต้องแสวงหาวัตถุดิบอาหารหยาบที่มีคุณภาพสูงและสามารถผลิตได้อย่างสม่ำเสมอ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตัดทั้งต้นพร้อมฝัก (whole-plant corn) จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นพืชที่ให้ผลผลิตชีวมวลต่อไร่สูงและมีองค์ประกอบทั้งส่วนลำต้น ใบ และเมล็ด ซึ่งให้พลังงานและเยื่อใยในสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้อง การตัดข้าวโพดในระยะอายุประมาณ 80–85 วัน หรือช่วงที่เมล็ดมีระดับแป้งประมาณ 50% (milk line 50%) ช่วยให้ได้วัตถุดิบที่ย่อยได้ดีและมีความน่ากินสูง

ข้าวโพดพร้อมฝักยังเหมาะสำหรับใช้ผลิตเป็นข้าวโพดหมัก (corn silage) เนื่องจากมีปริมาณแป้งและน้ำตาลเพียงพอสำหรับการหมักกรดแลคติก ส่งผลให้เกิดการหมักอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถเก็บรักษาได้ยาวนานโดยคุณค่าทางอาหารไม่เสื่อมลง (สายัณห์, 2547) ข้าวโพดหมักที่มีคุณภาพควรมีสีเหลืองอมเขียว มีกลิ่นหมักที่ดี pH 3.5–4.2 โปรตีน 7–9% และกรดแลคติกมากกว่า 4% พร้อมค่าผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการย่อยของสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2563)

พันธุ์ข้าวโพดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดหมัก โดยกรมวิชาการเกษตรได้พัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ได้รับรองจำนวนหลายพันธุ์ ทั้งพันธุ์ผสมเปิด และพันธุ์ลูกผสม เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ผสมเปิดกวก.นครสวรรค์ 1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 2 กวก.นครสวรรค์ 3 กวก.นครสวรรค์ 4 และ กวก.นครสวรรค์ 5 ซึ่งมีรายงานวิจัยว่าพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 2 กวก.นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิตต้นสดสูงและมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการผลิตข้าวโพดหมัก (Chayanont et al., 2021; ฉันทนา และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ลูกผสมใหม่ ๆ อีกหลายพันธุ์ ที่มีศักยภาพเพียงพอสำหรับผลิตข้าวโพดหมักได้ รวมถึงประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ NP99201 และ NP99202 ที่ได้มีการพัฒนาพันธุ์อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ประชากรเริ่มต้น จนถึงรอบคัดเลือกที่ 7 โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นของผลผลิตร้อยละ 1.76 และ 3.02 ตามลำดับ ต่อรอบการคัดเลือก จัดเป็นประชากรที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือ ใช้เป็นพันธุ์ผสมเปิดสำหรับการส่งเสริมในพื้นที่เป้าหมาย (สุริพัฒน์ และคณะ, 2564) ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้เป็นข้าวโพดหมักอาหารสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมดีเด่น ประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวม 32 พันธุ์ ใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ผสมเปิดกวก.นครสวรรค์ 1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 3 และพันธุ์การค้า S7328 เป็นพันธุ์ตรวจสอบ ดำเนินการในฤดูฝน ปี 2568 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ชุดดินสมอทอด ผลวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 0–20 เซนติเมตร ได้ผลดังนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 7.41 ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง 1.74% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง คือ 10 มก./กก. และมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง 228 มก./กก. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกแถวยาว 5.0 เมตร จำนวน 6 แถว/แปลงย่อย โดยใช้ระยะระหว่างแถว 70 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 20 เซนติเมตร หยอด 2 เมล็ด/หลุม และถอนแยกเหลือ 1 ต้น/หลุม พ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชอะทราซีน อัตรา 200 กรัม และอะลาคลอร์อัตรา 300 มิลลิลิตรต่อไร่ หลังปลูกขณะดินมีความชื้น ใส่ปุ๋ยเคมี

15–15–15 รองพื้นอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมี 46–0–0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 3 สัปดาห์ มีการให้น้ำตลอดฤดูปลูก เก็บเกี่ยวต้นสดเมื่ออายุ 85–90 วันหลังปลูก หรือเมื่อเมล็ดปรากฏ 50–75% milkline ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 7.28 ตารางเมตร รวมถึงบันทึกข้อมูล ผลผลิตต้นสดพร้อมฝัก ผลผลิตฝัก ผลผลิตต้นและใบและคำนวณผลผลิตต่อไร่โดยการแปลงค่าจากพื้นที่เก็บเกี่ยว จากนั้นนำไปสับย่อยให้มีขนาดเล็กประมาณ 2 เซนติเมตร ส่วนหนึ่งบรรจุตัวอย่างใส่ถุงหมักปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อแปลงย่อยเพื่อหมักเป็นข้าวโพดหมักอาหารสัตว์ โดยทำการไล่อากาศออก และมัดปากถุงให้แน่น หมักนานไม่น้อยกว่า 21 วัน แล้วจึงวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (% DM) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ (% Crude Protein: CP) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบ (% Crude Fiber: CF) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (% Acid Detergent Fiber: ADF) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (% Neutral Detergent Fiber: NDF) เปอร์เซ็นต์ลิกนินที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (% Acid Detergent Lignin: ADL) และเปอร์เซ็นต์เถ้า (% Ash) ขณะที่อีกส่วนสุ่มปริมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อนำไปหาน้ำหนักแห้ง การบันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรตามคู่มือการบันทึกข้อมูลงานวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2562) และวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) โดยใช้โปรแกรม STAR-Statistical Tool for Agricultural Research, Version 2.0.1

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การประเมินผลผลิต

จากการประเมินผลผลิตน้ำหนักสดทั้งต้นพร้อมฝัก น้ำหนักสดฝัก และน้ำหนักสดต้นและใบของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 32 พันธุ์ ดัง Table 1 พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ในทุกลักษณะ โดยให้ผลผลิตน้ำหนักสดทั้งต้นพร้อมฝักเฉลี่ยระหว่าง 6,549–9,758 กก./ไร่ และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 21 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักสดทั้งต้นพร้อมฝักเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (6,549 กก./ไร่) โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 7,898–9,758 กก./ไร่ พันธุ์ NSX252001 NP99202 C7 NSX252014 กวก.นครสวรรค์ 2 NP99202 C6 NSX252004 และ NSX252009 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดทั้งต้นพร้อมฝัก 9,216 9,114 9,040 8,981 8,894 8,894 และ 8,718 กก./ไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างจากพันธุ์การค้า S7328 (9,758 กก./ไร่) SW5720 (9,678 กก./ไร่) SW5819 (9,590 กก./ไร่) WS8370 (9,201 กก./ไร่) Pac789 (9,172 กก./ไร่) และกวก.นครสวรรค์ 3 (8,059 กก./ไร่)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตน้ำหนักสดฝัก เฉลี่ยระหว่าง 2,325–3,453 กก./ไร่ และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 22 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักสดฝักเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (2,325 กก./ไร่) โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 2,758–3,453 กก./ไร่ พันธุ์ NSX252014 NSX252013 NP99202 C7 NSX152067 NSX252011 กวก.นครสวรรค์ 2 NSX252002 และ NSX242060 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดฝัก 3,453 3,238 3,230 3,221 3,137 3,127 3,080 และ 2,993 กก./ไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างจากพันธุ์การค้า Pac789 (3,377 กก./ไร่) S7328 (3,261 กก./ไร่) SW5819 (3,253 กก./ไร่) SW5720 (3,116 กก./ไร่) และ WS8370 (2,986 กก./ไร่) นอกจากนี้พันธุ์ NSX252014 NSX252013 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดฝักเฉลี่ยสูงกว่ากวก.นครสวรรค์ 3 (2,805 กก./ไร่)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตน้ำหนักสดต้นและใบ เฉลี่ยระหว่าง 4,225–6,561 กก./ไร่ และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 17 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต้นและใบ เฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (4,225 กก./ไร่) โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 5,814–6,561 กก./ไร่ พันธุ์ NSX252001 NP99202 C6 NSX252004 NSX252009 NP99202 C7 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต้นและใบ 6,3252 6,177 6,012 5,896 และ 5,883 กก./ไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างจากพันธุ์การค้า SW5720 (6,561 กก./ไร่) S7328 (6,497 กก./ไร่) SW5819 (6,337 กก./ไร่) WS8370 (6,215 กก./ไร่) และPac789 (5,795

กก./ไร่) นอกจากนี้พันธุ์ NSX252001 NP99202 C6 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต้นและใบ เฉลี่ยสูงกว่ากวก.นครสวรรค์ 3 (5,253 กก./ไร่)

จากการประเมินผลผลิตน้ำหนักแห้งทั้งต้นพร้อมฝัก น้ำหนักแห้งฝัก และน้ำหนักแห้งต้นและใบของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 32 พันธุ์ ดัง Table 1 พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ในลักษณะน้ำหนักแห้งฝัก และน้ำหนักแห้งต้นและใบ ขณะที่ผลผลิตน้ำหนักแห้งทั้งต้นพร้อมฝักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งทั้งต้นพร้อมฝักเฉลี่ยระหว่าง 2,275–3,665 กก./ไร่ และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 11 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งทั้งต้นพร้อมฝักเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (2,459 กก./ไร่) โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 3,195–3,665 กก./ไร่ พันธุ์ NSX252001 NSX252009 NSX252002 NSX252014 NSX152067 NP99202 C7 และ NSX252004 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งทั้งต้นพร้อมฝัก 3,534 3,360 3,310 3,310 3,220 3,209 และ 3,195 กก./ไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างจากพันธุ์การค้า SW5720 (3,665 กก./ไร่) S7328 (3,327 กก./ไร่) Pac789 (3,290 กก./ไร่) SW5819 (3,221 กก./ไร่) และกวก.นครสวรรค์ 3 (3,077 กก./ไร่)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตน้ำหนักแห้งฝัก เฉลี่ยระหว่าง 731–1,316 กก./ไร่ และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 7 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝักเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (878 กก./ไร่) โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 1,142–1,316 กก./ไร่ พันธุ์ NSX152067 NSX252014 NSX252002 NSX252013 และ NP99202 C7 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งฝัก 1,316 1,270 1,240 1,192 และ 1,142 กก./ไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างจากพันธุ์การค้า SW5819 (1,244 กก./ไร่) Pac789 (1,214 กก./ไร่) S7328 (1,113 กก./ไร่) และกวก.นครสวรรค์ 3 (1,071 กก./ไร่)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตน้ำหนักแห้งต้นและใบ เฉลี่ยระหว่าง 1,542–2,436 กก./ไร่ และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 12 พันธุ์ ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งต้นและใบ เฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (1,582 กก./ไร่) โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 2,039-2,436 กก./ไร่ พันธุ์ NSX252001 NSX252009 NSX252004 NSX252002 NP99202 C7 NSX252005 และ NSX252014 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งต้นและใบ 2,436 2,269 2,155 2,069 2,067 2,066 และ 2,039 กก./ไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างจากพันธุ์การค้า SW5819 (2,421 กก./ไร่) S7328 (2,215 กก./ไร่) SW5720 (2,186 กก./ไร่) Pac789 (2,076 กก./ไร่) WS8370 (2,043 กก./ไร่) และกวก.นครสวรรค์ 3 (2,006 กก./ไร่)

การประเมินลักษณะทางการเกษตร

จากการประเมินลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 32 พันธุ์ รวมพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 ดัง Table 1 ได้แก่ อายุวันออกดอกตัวผู้ อายุวันออกไหม ความสูงต้น ความสูงฝัก เปอร์เซ็นต์ต้นหัก และเปอร์เซ็นต์ต้นล้ม พบว่า ทุกลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุวันออกดอกตัวผู้ระหว่าง 49–56 วัน ทุกพันธุ์มีอายุวันออกดอกตัวผู้มากกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (49 วัน) ยกเว้นพันธุ์ NSX252003 NSX252007 NSX252013 NSX252014 ที่มีอายุวันออกดอกตัวผู้ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์กวก.นครสวรรค์ 1 ขณะที่พันธุ์กวก.นครสวรรค์ 3 และ S7328 มีอายุวันออกดอกตัวผู้ 52 และ 54 วันตามลำดับ มีอายุวันออกไหมระหว่าง 49–56 วัน ทุกพันธุ์มีอายุวันออกไหมมากกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (49 วัน) ยกเว้นพันธุ์ NSX252014 ที่มีอายุวันออกไหมไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์กวก.นครสวรรค์ 1 ขณะที่พันธุ์กวก.นครสวรรค์ 3 และ S7328 มีอายุวันออกไหม 52 และ 53 วันตามลำดับ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงต้นระหว่าง 206–291 เซนติเมตร ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 13 พันธุ์ ได้แก่ NSX252001 NSX252004 NSX252005 NSX252009 NSX252006 NSX252008 NSX252007 SW5819 NSX252012 WS8720 SW5720 NSX982013 และ NSX252013 มีความสูงต้นเท่ากับ 291 281 277 274 273 271 266 263 257 257 254 251 และ 251 เซนติเมตร ตามลำดับ มากกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (233 เซนติเมตร) พันธุ์ NP99201 C6 และ NP99201 C7 มีความสูงต้น 218 และ 206 เซนติเมตร ตามลำดับ น้อยกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 ขณะที่พันธุ์

กวก.นครสวรรค์ 3 และ S7328 มีความสูงต้น 243 และ 231 เซนติเมตรตามลำดับ มีความสูงฝักระหว่าง 109–164 เซนติเมตร ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 13 พันธุ์ ได้แก่ NSX252004 NSX252001 NSX252008 NSX252005 NSX252006 NSX252009 NSX252007 SW5819 NSX252012 SW5720 NSX252013 NSX252014 และ NSX252003 มีความสูงฝักเท่ากับ 164 162 159 157 156 155 153 151 144 142 141 141 และ 140 เซนติเมตร ตามลำดับ มากกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (126 เซนติเมตร) พันธุ์ NP99201 C8 มีความสูงฝัก 109 เซนติเมตร น้อยกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 ขณะที่พันธุ์กวก.นครสวรรค์ 3 และ S7328 มีความสูงฝัก 138 และ 128 เซนติเมตรตามลำดับ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีเปอร์เซ็นต์ต้นล้มระหว่าง 0–48.5 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทุกพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ต้นล้มไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (13.8 เปอร์เซ็นต์) ยกเว้นพันธุ์ NSX982013 ที่มีเปอร์เซ็นต์ต้นล้ม 48.5 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 มีเปอร์เซ็นต์ต้นหักระหว่าง 0–15.4 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทุกพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ต้นหักไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (1.3 เปอร์เซ็นต์) ยกเว้นพันธุ์ NSX252004 และ NSX252005 ที่มีเปอร์เซ็นต์ต้นหัก 12.8 และ 15.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับมากกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 ขณะที่พันธุ์กวก.นครสวรรค์ 3 และ S7328 ไม่พบเปอร์เซ็นต์ต้นหัก-ล้ม เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างความสูงฝัก และเปอร์เซ็นต์การหักล้ม จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การหักล้มสูงมักเกิดจากพันธุ์ที่มีตำแหน่งฝักสูง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Maddonni and Otegui (2006) ที่พบว่า คู่ผสม/พันธุ์ที่มีความสูงต้นมาก และมีตำแหน่งฝักสูงมีความเสี่ยงการหักล้มมากขึ้นดังนั้นการพัฒนาพันธุ์ควรพิจารณาตำแหน่งของฝักเพื่อลดเปอร์เซ็นต์การเกิดต้นหักล้มต่อไป

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ ดัง Table 2 พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง และเปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบ และเปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่ค่าความเป็นกรดด่าง เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ เปอร์เซ็นต์ลิกนินที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด และเปอร์เซ็นต์เถ้า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตั้งแต่ 29.7–39.7 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 34.9 เปอร์เซ็นต์ โดยพันธุ์สุวรรณ 5 และ NP99202 C7 มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 29.7 และ 31.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ต่ำกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (35.8 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่พันธุ์อื่น ๆ มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งไม่แตกต่างกับพันธุ์กวก.นครสวรรค์ 1 ซึ่งระยะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดสำหรับหมักนั้นเกี่ยวข้องกับเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ซึ่งควรอยู่ในช่วง 30–40 เปอร์เซ็นต์ (Wiersma et al., 1993) มีค่าความเป็นกรดด่าง ตั้งแต่ 3.78–4.62 เฉลี่ย 4.21 ซึ่งสูงกว่าช่วงที่เหมาะสมเล็กน้อย (3.8-4.2) อย่างไรก็ตามค่า pH ที่สูงขึ้นเล็กน้อยนี้ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับข้าวโพดหมักที่มีคุณภาพ โดยอาจเกิดจากปัจจัยบางประการที่อาจส่งผลต่อค่า pH อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ หรือสภาวะการหมักที่ต้องปรับปรุง และข้าวโพดหมักที่มีปริมาณวัตถุแห้งสูงสามารถเก็บรักษาได้อย่างเหมาะสมแม้จะมีค่า pH ที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากกิจกรรมของน้ำ (water activity) ที่ลดลงช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ได้เอง (McDonald et al., 1991) ดังนั้นข้าวโพดหมักที่ได้จากการศึกษานี้จึงมีคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ ตั้งแต่ 7.65–9.16 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 8.34 เปอร์เซ็นต์ มีค่า ADF ตั้งแต่ 20.0–28.4 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 24.0 เปอร์เซ็นต์ โดยพันธุ์ NSX242060 และ NP99201 C8 มีค่า ADF เท่ากับ 20.0 และ 20.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ต่ำกว่าพันธุ์ตรวจสอบกวก.นครสวรรค์ 1 (25.5 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่พันธุ์อื่น ๆ มีค่า ADF ไม่แตกต่างกับพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 1 มีค่า NDF ตั้งแต่ 36.5–48.2 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 42.4 เปอร์เซ็นต์ โดยพันธุ์ NSX242060 NP99201 C8 NSX252012 S7328 และ NSX252011 มีค่า NDF เท่ากับ 36.5 37.6 37.6 38.2 และ 38.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์อื่น ๆ มีค่า NDF ไม่แตกต่างกับพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 1 มีค่า ADL ตั้งแต่ 1.98–3.65 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 2.80 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เถ้าตั้งแต่ 4.35–6.21 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 4.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากรายงานของกรมปศุสัตว์ (2563) รายงานว่าข้าวโพดหมักที่

มีคุณภาพควรมีสีเหลืองอมเขียว มีกลิ่นหมักที่ดี มีค่าความเป็นกรดด่าง หรือ pH เท่ากับ 3.5–4.2 มีโปรตีน 7–9% และกรดแลคติกมากกว่า 4% พร้อมค่าผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการย่อยของสัตว์

Table 1 fresh weight, dry weight and some agronomic traits of maize compared to check varieties DOA NS1 at the Nakhon Sawan Field Crops Research Center in the 2025 rainy season

Pedigree	Fresh weight (kg/rai)			Dry weight (kg/rai)			Day to		Height(cm)		Lodging (%)	
	Total	ear	Stalk and leaf	Total	ear	Stalk and leaf	Tasselling	Silking	Plant	Ear	Root	Stalk
NSX252001	9,216	2,864	6,352	3,534	1,098	2,436	54	53	291	162	10.0	2.0
NSX252002	8,264	3,080	5,184	3,310	1,241	2,069	53	53	245	131	1.3	0.0
NSX252003	7,473	2,514	4,959	2,873	969	1,905	51	52	243	140	0.0	0.0
NSX252004	8,894	2,882	6,012	3,195	1,039	2,156	52	52	281	164	1.9	12.8
NSX252005	8,147	2,654	5,492	3,068	1,003	2,066	53	54	277	157	25.0	15.4
NSX252006	7,165	2,404	4,761	2,663	900	1,763	52	53	273	156	25.1	8.5
NSX252007	7,414	2,624	4,790	2,957	1,048	1,909	51	53	266	153	25.0	1.3
NSX252008	7,956	2,745	5,211	2,979	1,029	1,949	53	54	271	159	3.8	1.3
NSX252009	8,718	2,822	5,896	3,360	1,091	2,269	52	53	274	155	3.9	0.7
NSX252011	8,381	3,137	5,244	2,969	1,113	1,855	53	52	232	121	0.0	0.6
NSX252012	8,030	2,938	5,091	2,867	1,051	1,816	53	53	257	144	0.7	0.0
NSX242060	7,898	2,993	4,905	2,872	1,088	1,784	52	52	239	129	0.7	0.6
NSX252013	8,176	3,238	4,937	3,007	1,192	1,815	51	52	251	141	2.6	0.0
NSX252014	9,040	3,453	5,588	3,310	1,271	2,039	50	50	247	141	0.6	0.0
NP99201 C_6	7,399	2,507	4,893	2,633	896	1,737	52	52	220	120	0.7	0.6
NP99201 C_7	7,443	2,800	4,643	2,783	1,046	1,737	52	52	218	117	0.7	0.0
NP99201 C_8	7,004	2,748	4,255	2,719	1,065	1,654	52	52	206	109	0.7	0.0
NP99202 C_6	8,894	2,717	6,177	2,725	830	1,895	55	55	235	129	0.0	0.0
NP99202 C_7	9,114	3,230	5,884	3,209	1,142	2,067	53	53	241	130	2.0	0.0
NP99202 C_8	7,751	2,758	4,993	2,550	922	1,628	53	53	231	118	1.3	0.0
NSX982013	6,945	2,511	4,434	2,638	955	1,683	53	53	251	135	48.5	2.6
NSX152067	7,941	3,221	4,720	3,220	1,316	1,903	53	53	236	121	4.5	0.0
NSX242001	7,458	2,843	4,615	2,811	1,070	1,740	53	53	235	125	0.6	0.0
WS8370	9,201	2,987	6,215	3,027	983	2,043	55	55	257	137	0.7	1.3
SW5720	9,678	3,116	6,561	3,221	1,035	2,186	55	55	254	142	0.6	0.0
SW5819	9,590	3,253	6,337	3,665	1,244	2,421	56	56	263	151	0.0	0.0
S7328 (Check)	9,758	3,261	6,497	3,327	1,113	2,215	54	53	231	128	0.0	0.0
Pac789	9,172	3,377	5,795	3,290	1,214	2,076	55	55	235	131	0.0	0.0
DOA NS2	8,981	3,127	5,854	2,877	1,003	1,874	54	53	245	134	0.0	0.0
DOA NS3 (Check)	8,059	2,805	5,253	3,077	1,071	2,006	52	52	243	138	0.0	0.0
DOA NS1 (Check)	6,549	2,325	4,225	2,459	878	1,582	49	49	233	126	13.8	1.3
SW5	7,414	2,379	5,034	2,275	731	1,544	55	55	226	126	2.6	0.0
Mean	8,223	2,885	5,338	2,983	1,052	1,932	53	53	247	137	5.5	1.5
F-test	**	**	**	*	**	**	*	*	*	*	*	*
LSD (0.05)	1,237	426	908	649	247	429	2	2	16	13	20.2	8.3
C.V. (%)	9.22	9.05	10.42	13.32	14.42	13.61	1.86	1.84	3.87	5.82	223.98	333.13

- = not determine, ns = non-significant different, * = significant at 0.05 probability level, ** = significant at 0.01 probability level

Table 2 Nutritional value of maize compared to check varieties DOA NS1 at the Nakhon Sawan Field Crops Research Center in the 2025 rainy season

Pedigree	DM	pH	CP	CF	ADF	NDF	ADL	ASH
	%		%	%	%	%	%	%
NSX252001	31.5	3.78	8.90	18.8	25.4	46.6	3.65	4.92
NSX252002	37.9	4.03	7.78	17.5	22.6	40.1	2.41	4.68
NSX252003	39.4	4.20	8.67	16.2	22.2	41.2	2.56	4.55
NSX252004	35.3	4.06	8.39	17.2	23.1	41.9	2.57	4.39
NSX252005	33.6	4.50	8.35	19.7	27.4	46.3	3.49	5.38
NSX252006	36.2	4.11	7.87	16.5	22.3	39.9	2.57	4.59
NSX252007	36.3	4.28	8.26	16.5	21.9	40.5	2.49	4.38
NSX252008	38.6	4.30	7.80	19.1	25.9	45.0	3.13	4.76
NSX252009	33.5	4.07	7.87	19.5	25.6	45.3	3.17	5.27
NSX252011	36.2	4.26	8.17	16.0	21.4	38.4	2.14	4.59
NSX252012	34.9	3.99	8.03	16.3	21.2	37.6	2.57	4.57
NSX242060	36.1	4.21	7.80	14.9	20.0	36.5	2.30	4.35
NSX252013	33.1	4.10	8.51	19.1	25.1	44.0	3.09	5.13
NSX252014	34.4	4.17	8.56	19.3	25.6	45.1	2.99	4.72
NP99201 C_6	34.6	4.22	8.87	17.6	23.7	40.4	2.94	5.52
NP99201 C_7	36.0	4.56	8.23	17.4	23.3	41.7	2.58	5.23
NP99201 C_8	38.0	4.32	8.35	15.2	20.6	37.6	2.53	4.80
NP99202 C_6	31.8	4.00	8.95	18.9	25.0	44.5	2.92	5.05
NP99202 C_7	31.0	4.04	8.91	20.3	26.8	46.8	3.43	5.13
NP99202 C_8	35.2	4.16	8.07	18.4	23.9	43.6	2.66	4.85
NSX982013	33.4	4.33	7.65	20.1	28.1	48.2	3.35	5.07
NSX152067	39.7	4.45	8.80	18.0	24.9	42.4	2.87	5.08
NSX242001	39.6	4.62	8.27	17.5	24.1	42.3	2.53	5.29
WS8370	31.5	4.16	8.49	19.2	25.2	44.2	3.02	5.07
SW5720	31.7	4.43	7.96	18.2	23.7	41.6	2.45	5.25
SW5819	31.4	4.24	8.27	19.3	24.9	42.2	2.82	5.41
S7328 (Check)	33.7	4.12	8.12	16.2	21.5	38.2	2.31	4.74
Pac789	33.1	4.05	8.19	18.7	24.3	41.4	2.44	4.93
DOA NS2	36.2	4.22	8.20	15.7	20.9	39.6	1.98	4.41
DOA NS3 (Check)	36.9	4.30	8.92	17.0	22.5	41.0	2.60	4.68
DOA NS1 (Check)	35.8	4.20	9.16	18.9	25.5	44.7	3.32	5.80
SW5	29.7	4.26	8.49	20.7	28.4	47.2	3.60	6.21
Mean	34.9	4.21	8.34	17.9	24.0	42.4	2.80	4.96
F-test	**	ns	ns	*	*	**	ns	ns
LSD (0.05)	4.44	-	-	3.37	4.56	5.90	-	-
C.V. (%)	7.79	7.35	7.80	11.5	11.7	8.54	21.3	13.0

- = not determine, ns = non-significant different, * = significant at 0.05 probability level, ** = significant at 0.01 probability level

สรุป

จากประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้เป็นข้าวโพดหมักอาหารสัตว์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ NSX252001 NSX252009 NSX252014 NP99202 C7. ให้ผลผลิตน้ำหนักสดทั้งต้นพร้อมฝักอยู่ระหว่าง 8,718–9,216 กก./ไร่ และน้ำหนักแห้งทั้งต้นพร้อมฝักสูงระหว่าง 3,209–3,534 กก./ไร่ ไม่แตกต่างจากพันธุ์ลูกผสมการค้าที่ทดสอบ นอกจากนั้นยังมีคุณค่าทางโภชนะที่ดี โดยมีค่าวัตถุแห้งระหว่าง 31.0–34.4 เปอร์เซ็นต์ ค่า pH ระหว่าง 3.78–4.17 โปรตีนหยาบระหว่าง 7.87–8.91 และเยื่อใยหยาบระหว่าง 18.8–20.3 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมสำหรับเป็นพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์หมักเพื่อแนะนำพันธุ์ต่อเกษตรกรในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือ สนับสนุน และอำนวยความสะดวก ในการปฏิบัติงานจากนักวิชาการ เจ้าพนักงาน ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ รวมถึงนักวิจัยจากสำนักงานปศุสัตว์ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของตัวอย่าง จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2563. คู่มือสำหรับเกษตรกร การผลิตข้าวโพดพร้อมฝักเพื่อเป็นอาหารสัตว์. บริษัท นิวธรรมดาการพิมพ์ (ประเทศไทย) จำกัด.

กรมปศุสัตว์. 2565. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทยปี 2564. กรมปศุสัตว์.

ฉันทนา คงนคร, จิระ สุวรรณประเสริฐ, ฉลอง เกิดศรี, สะฝีหย๊ะ ราชนุช, สำราญ สะรุโถ, ศุกร์ เก็บไว้. 2553. ศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์ข้าวโพดและข้าวฟ่างเพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและสงขลา. ใน การสัมมนาระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 6: 16–18 สิงหาคม 2553. โรงแรมเจ.บี., สงขลา.

สุริพัฒน์ ไทยเทศ, ปริญญา การสมเจตน์, ทัศนีย์ บุตรทอง, บุศริน อิ่มอินทร์. 2564. การปรับปรุงประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุยาวแบบหมุนเวียนสลับ. รายงานผลงานวิจัยปี 2564 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฝ้าย และพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, กรมวิชาการเกษตร.

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2562. คู่มือการบันทึกข้อมูลงานวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.Chayanont, N., Jenweerawat, S., Chaugool, J., Tudsri, S., Chaisan, T., Chotchutima, S. 2021. Plant spacing and variety of field corn (Zea mays L.) affecting yield, yield components and silage quality. Walailak J. Sci. Technol. 18: 9038–9014. doi.org/10.48048/wjst.2021.9038

Maddonni, G.A., Otegui, M.E. 2006. Intra-specific competition in maize: Contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. Field Crops Res. 97: 155–166. doi.org/10.1016/j.fcr.2005.09.013

McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E. 1991. The biochemistry of silage. Chalcombe Publications.

Wiersma, D.W., Carter, P.R., Albrecht, K.A., Coors, J.G. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. J. Prod. Agric. 6: 94–99. doi.org/10.2134/jpa1993.0094

การประเมินผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมในสภาพนาจังหวัดนครสวรรค์และเพชรบูรณ์

Yield evaluation of hybrid maize in paddy field in nakhon sawan and phetchabun province

ทัศนีย์ บุตรทอง[a,*], **สุริพัฒน์ ไทยเทศ**[b], **ปริญญา การสมเจตน์**[b], **เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง**[c]

Thadsanee Budthong[a,*], Suriphat Thaitad[b], Parinya Karnsomjet[b], Penrat Thiempeng[c]

[a] ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ นครสวรรค์ 60190

[b] สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[c] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์ 67000

[a] Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Nakhon Sawan 60190, Thailand

[b] Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Bangkok 10900, Thailand

[c] Phetchabun Agricultural Research and Development Center, Phetchabun 67000, Thailand

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

บทคัดย่อ

ประเมินผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมจำนวน 28 พันธุ์ ในสภาพนา จ.นครสวรรค์ และเพชรบูรณ์ ดำเนินการในฤดูแล้งปี 2568 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) 3 ซ้ำ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined analysis) พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ NSX251018 ให้ผลผลิต 1,807 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม 13 พันธุ์ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 พันธุ์ NSX251001 NSX251002 NSX251010 NSX251011 และ NSX251013 มีอายุวันออกดอกเร็ว เปอร์เซ็นต์กะเทาะสูง และความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวต่ำกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 สามารถคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมจำนวน 12 พันธุ์ ได้แก่ NSX251001 NSX251002 NSX251005 NSX251006 NSX251010 NSX251011 NSX251013 NSX251016 NSX251017 NSX251018 NSX251019 และ NSX251020 เพื่อนำไปประเมินผลผลิตในขั้นตอนต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, ประเมินผลผลิต, ลูกผสม, สภาพนา

Abstract

Yield evaluation of 28 hybrid maize varieties was conducted in paddy fields in Nakhon Sawan and Phetchabun provinces during the dry season of 2025. A randomized complete block design with three replications was used. Combined analysis across the two locations for grain yield showed that the promising hybrid maize NSX251018 produced higher yields than DOA.NS5, while 13 promising hybrids produced yields not significantly different from DOA.NS5. NSX251001, NSX251002, NSX251010, NSX251011, and NSX251013 exhibited earlier flowering, higher shelling percentage, and lower moisture content than NS5. Furthermore, 12 selected promising hybrid maize varieties namely NSX251001, NSX251002, NSX251005, NSX251006, NSX251010, NSX251011, NSX251013, NSX251016, NSX251017, NSX251018, NSX251019, and NSX251020 will be evaluated in the next step in the future.

Keywords: Hybrid maize, Paddy field, Yield performance

คำนำ

การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกในสภาพไร่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ฤดูปลูกช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน ปัจจุบันสภาพแวดล้อมมีความแปรปรวน มีความเสี่ยงจากสภาวะภัยแล้งหรือเก็บเกี่ยวในช่วงฝนตกชุก ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในช่วงดังกล่าว ดังนั้นการปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกและฤดูปลูกเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบาย โดยการปรับสัดส่วนพื้นที่ปลูกแต่ละฤดูต้นฝน : ปลายฝน : แล้ง ให้มีปริมาณพื้นที่เท่ากันในรอบปี เพื่อเป็นการลดความเสี่ยง และมีผลผลิตออกสู่ตลาดได้ทั้งปี ซึ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จัดเป็นพืชที่มีศักยภาพการปลูกในพื้นที่นาหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 100–110 วัน และใช้น้ำน้อยกว่าการทำนาประมาณ 2–3 เท่า นอกจากนี้ยังช่วยลดการแพร่ระบาดของแมลง คุณภาพเมล็ดดี ปราศจากสารพิษอะฟลาทอกซิน มีราคาดี เนื่องจากมีผลผลิตออกสู่ตลาดน้อย และผลผลิตสูงกว่าการปลูกในฤดูฝนประมาณ 15–20 % เพราะสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมและการจัดการที่ดี ผลตอบแทนสูงกว่าการทำนา รวมทั้งช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการใช้บริโภคในประเทศ และส่งออกไปยังต่างประเทศ (Boonpradub et al., 1998) ซึ่งลักษณะพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกหลังการทำนาจะต้องเป็นพันธุ์ที่อายุสั้น ทนแล้ง ความแข็งแรงของต้นกล้าสูง ทนต่อน้ำท่วมขัง ทนต่ออุณหภูมิต่ำในระยะกล้า และทนต่ออุณหภูมิสูงในระยะออกดอก (กรมวิชาการเกษตร, 2556) แต่ปัจจุบันยังไม่มีพันธุ์แนะนำที่เหมาะสมกับสภาพนา กรมวิชาการเกษตรได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว จึงมีการดำเนินการศึกษาวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมให้ผลผลิตสูง ทนแล้ง และอายุเก็บเกี่ยวสั้น (95–100 วัน) เพื่อประเมินผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่นที่เหมาะสมในสภาพนา เสนอเป็นหนึ่งในทางเลือกของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่นจากศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จำนวน 25 พันธุ์ และพันธุ์การค้าจากภาครัฐและเอกชน จำนวน 3 พันธุ์ เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2567 ในสภาพนา อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์ และวันที่ 19 พฤศจิกายน 2567 ในสภาพนา อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ 4 แถว/แปลงย่อย แถวยาว 5 เมตร ระยะปลูก 70 x 20 เซนติเมตร หยอด 2 เมล็ด/หลุม พ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชอาทราซีน อัตรา 200 กรัม/ไร่ ผสมกับอะลาคลอร์ อัตรา 300 ซีซี/ไร่ หลังปลูกขณะดินมีความชื้น ใส่ปุ๋ยเคมี 15–15–15 รองพื้น อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ถอนแยกเหลือ 1 ต้น/หลุม เมื่อข้าวโพดมีอายุ 14 วัน และใส่ปุ๋ยเคมี 21–0–0 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 20–21 วัน พร้อมยกร่องพูนโคน บันทึกข้อมูลจาก 2 แถวกลาง (พื้นที่ 7.80 ตารางเมตร) ได้แก่ อายุวันออกไหม 50% อายุวันออกดอกตัวผู้ 50% ความสูงต้นและฝัก เปอร์เซ็นต์ต้นหัก-ล้ม เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย เปอร์เซ็นต์กะเทาะ ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว ผลผลิตเมล็ดต่อไร่ที่ความชื้น 15% มีหน่วยเป็นกิโลกรัม/ไร่

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ไร่เกษตรกรสภาพนา อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์ พบว่า ผลผลิต อายุวันออกดอกตัวผู้ อายุวันออกไหม ความสูงต้น ความสูงฝัก เปอร์เซ็นต์ต้นหัก เปอร์เซ็นต์กะเทาะ ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว และจำนวนฝัก/ต้น มีความแตกต่างทางสถิติ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ต้นล้มและเปอร์เซ็นต์ฝักเสีย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลผลิตอยู่ในช่วง 1,312–1,843 กิโลกรัม/ไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่น 3 พันธุ์ ได้แก่ NSX202002 NSX251018 และ NSX251017 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบที่ให้ผลผลิตสูง ทนแล้ง ออกดอกเร็ว และอายุเก็บเกี่ยวสั้น สามารถเก็บเกี่ยวที่อายุ 95–100 วัน คิดเป็น 14–18 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ผลผลิต 1,747 1,735 และ 1,678 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ แต่

ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับพันธุ์ PAC789 และ DK9979C ขณะที่พันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 PAC789 และ DK9979C ให้ผลผลิต 1,474 1,712 และ 1,843 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (Table 1)

อายุวันออกดอกมีความแตกต่างทางสถิติ อายุวันออกดอกตัวผู้อยู่ในช่วง 53–63 วัน อายุวันออกไหมอยู่ในช่วง 55–65 วัน พันธุ์ NSX251010 และ NSX251011 มีอายุวันออกดอกตัวผู้เร็วกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีอายุวันออกดอกตัวผู้ 53 วัน พันธุ์ NSX251001 และ NSX251010 มีอายุวันออกไหมเร็วกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีอายุวันออกไหม 55 วัน โดยพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีอายุวันออกดอกตัวผู้และไหม 58 และ 60 วัน (Table 1)

ความสูงต้นอยู่ในช่วง 178–225 เซนติเมตร ความสูงฝักอยู่ในช่วง 82–113 เซนติเมตร พันธุ์ NSX251004 NSX251010 และ NSX251016 มีความสูงต้นและฝักต่ำกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีความสูงต้น 185 178 และ 187 เซนติเมตร ตามลำดับ มีความสูงฝัก 82 83 และ 83 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีความสูงต้นและฝัก 203 และ 96 เซนติเมตร (Table 1)

เปอร์เซ็นต์กะเทาะอยู่ในช่วง 70.32–83.62 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่น 10 พันธุ์ ได้แก่ NSX251010 NSX251013 NSX251012 NSX202002 NSX251020 NSX251021 NSX251002 NSX251011 NSX251015 และ NSX251006 มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีค่า 77.90–80.78 เปอร์เซ็นต์ โดยพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีค่า 75.19 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 23.23–32.97 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่นพันธุ์ NSX251016 NSX251010 และ NSX251011 มีความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวต่ำกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีค่า 23.23 25.30 และ 25.43 เปอร์เซ็นต์ โดยพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีค่า 28.50 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ต้นหักอยู่ในช่วง 0.0–7.6 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ต้นล้มอยู่ในช่วง 0.0–1.4 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ฝักเสียอยู่ในช่วง 0.0–3.7 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนฝัก/ต้นอยู่ในช่วง 1.0–1.2 ฝัก (Table 1)

ไร่เกษตรกรสภาพนา อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ พบว่า ผลผลิต อายุวันออกดอกตัวผู้ อายุวันออกไหม ความสูงต้น ความสูงฝัก เปอร์เซ็นต์ต้นหัก เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย เปอร์เซ็นต์กะเทาะ ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว และจำนวนฝัก/ต้น มีความแตกต่างทางสถิติ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลผลิตอยู่ในช่วง 1,368–1,879 กิโลกรัม/ไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่นจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ NSX251018 NSX251005 NSX251017 NSX251020 NSX251014 และ NSX251006 ให้ผลผลิตสูงกว่าหรือใกล้เคียงพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 คิดเป็น 1–12 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ผลผลิต 1,703–1,879 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับพันธุ์ PAC789 และ DK9979C ขณะที่พันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 PAC789 และ DK9979C ให้ผลผลิต 1,681 1,669 และ 1,847 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (Table 2)

อายุวันออกดอกตัวผู้อยู่ในช่วง 53–61 วัน อายุวันออกไหมอยู่ในช่วง 55–63 วัน พันธุ์ NSX251001 NSX251013 และ NSX251011 มีอายุวันออกดอกตัวผู้ใกล้เคียงพันธุ์กวก.นครสวรรค์ 5 มีอายุวันออกดอกตัวผู้ 54 55 และ 55 วัน ตามลำดับ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่นจำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ NSX251001 NSX251013 NSX251011 NSX251020 NSX251006 NSX251008 NSX251021 NSX251002 และ NSX251010 มีอายุวันออกไหมใกล้เคียงพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีอายุวันออกไหม 56–58 วัน โดยพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีอายุวันออกดอกตัวผู้และไหม 56 และ 59 วัน (Table 2)

ความสูงต้นอยู่ในช่วง 232–288 เซนติเมตร ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่นจำนวน 14 พันธุ์ มีความสูงต้นไม่แตกต่างกับพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีความสูงต้น 244–288 เซนติเมตร ความสูงฝักอยู่ในช่วง 116–168 เซนติเมตร ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่น 4 พันธุ์ ได้แก่ NSX251014 NSX251015 NSX251012 และ NSX152097 มีความสูง

ฝักไม่แตกต่างกับพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีความสูงฝัก 159–168 เซนติเมตร โดยพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีความสูงต้นและฝัก 258 และ 139 เซนติเมตร (Table 2)

เปอร์เซ็นต์กะเทาะอยู่ในช่วง 65.95–80.79 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่น 17 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีค่า 73.60–77.21 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีค่า 71.36 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 24.83–36.17 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่น 16 พันธุ์ มีความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวต่ำกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีค่า 24.83–30.20 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 มีค่า 32.37 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ต้นหักอยู่ในช่วง 0.0–17.3 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ต้นล้มอยู่ในช่วง 0.0–2.1 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ฝักเสียอยู่ในช่วง 0.0–6.0 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนฝัก/ต้นอยู่ในช่วง 1.0–1.2 ฝัก (Table 2)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined analysis) พบว่า ผลผลิตมีความแตกต่างทางพันธุกรรมในแต่ละสภาพแวดล้อม และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม มีเพียงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ NSX251018 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 คิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิต 1,807 กิโลกรัม/ไร่ และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม 13 พันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าหรือใกล้เคียงพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 ให้ผลผลิต 1,534–1,716 กิโลกรัม/ไร่ ขณะที่พันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 ให้ผลผลิต 1,578 กิโลกรัม/ไร่ พันธุ์ NSX251001 NSX251002 NSX251010 NSX251011 และ NSX251013 ออกดอกเร็ว มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงและความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวต่ำกว่าพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 (Table 3)

สรุป

ด้วยข้อจำกัดของสภาพแวดล้อมในสภาพนา การคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมในสภาพนาควรคัดเลือกพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ทนแล้ง ทนต่อน้ำท่วมขัง ทนต่ออุณหภูมิต่ำในระยะต้นกล้า และทนต่ออุณหภูมิสูงในระยะออกดอก (กรมวิชาการเกษตร, 2556) จากการประเมินผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพนาเขต จ.นครสวรรค์ และเพชรบูรณ์ สามารถคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่นที่เหมาะสมกับสภาพการปลูกในสภาพนา จำนวน 12 พันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าหรือใกล้เคียงพันธุ์ กวก.นครสวรรค์ 5 ได้แก่ NSX251001 NSX251002 NSX251005 NSX251006 NSX251010 NSX251011 NSX251013 NSX251016 NSX251017 NSX251018 NSX251019 และ NSX251020 และออกดอกเร็ว เปอร์เซ็นต์กะเทาะสูง และความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวต่ำ เพื่อนำไปประเมินผลผลิตในขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เหมาะสมในสภาพนาฤดูแล้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การทดลองครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) เพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ยังได้รับความร่วมมือ การสนับสนุน และอำนวยความสะดวก ในการปฏิบัติงานจากนักวิชาการ ตลอดจนเกษตรกรผู้ร่วมวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

Table 1 Mean grain yield (kg/rai) and some agronomic characteristics of hybrid maize in paddy field at Nakhon Sawan Province during dry season, 2024/2025

Pedigree	Yield (kg/rai)	Days to tassel (day)	Days to silking (day)	Plant Height (cm)	Ear Height (cm)	Root lodging (%)	Stalk lodging (%)	Rotten ear (%)	Shell (%)	Moist (%)	Ear/ plant
NSX202002	1,747	58	59	220	100	0.7	0.7	0.0	79.42	27.87	1.0
NSX251018	1,735	56	59	225	98	0.0	0.0	0.0	76.57	26.37	1.1
NSX251017	1,678	57	58	204	88	0.0	0.0	1.3	74.55	27.10	1.1
NSX251019	1,656	55	58	221	104	0.0	0.0	1.8	77.71	28.73	1.1
NSX152097	1,635	63	65	221	113	0.0	0.0	3.7	71.02	31.90	1.1
NSX172017	1,629	60	62	219	100	0.0	0.7	0.0	70.32	32.97	1.0
NSX152067	1,609	60	62	220	101	0.0	0.0	0.6	71.54	31.83	1.0
NSX251020	1,597	56	57	204	90	0.0	1.3	0.0	78.69	27.90	1.0
NSX251001	1,555	55	55	194	89	0.0	0.0	0.7	77.33	27.13	1.0
NSX251006	1,537	56	57	198	90	0.7	0.6	0.0	77.90	26.70	1.0
NSX251009	1,508	58	61	213	102	0.0	0.7	0.0	76.12	27.73	1.1
NSX251002	1,508	56	56	192	86	0.0	0.0	0.0	78.44	27.00	1.0
NSX251003	1,499	59	61	200	92	0.0	3.8	0.0	77.15	28.77	1.0
NSX251021	1,479	56	59	202	95	0.0	1.4	0.0	78.62	29.20	1.0
NSX251008	1,477	56	58	210	95	0.0	1.4	0.6	76.24	26.50	1.0
NSX251016	1,453	56	58	187	83	0.0	0.0	0.0	77.75	23.23	1.0
NSX251005	1,441	57	57	202	92	1.3	0.0	2.0	75.67	29.13	1.0
NSX251013	1,434	55	58	190	88	0.0	0.0	0.7	79.67	26.40	1.0
NSX251012	1,414	58	61	213	105	0.0	7.6	0.0	79.48	27.30	1.0
NSX251011	1,397	53	58	205	100	0.0	0.7	0.0	78.26	25.43	1.0
NSX251007	1,396	60	61	194	88	0.0	0.0	0.0	75.33	29.63	1.0
NSX251004	1,387	56	58	185	82	0.0	0.0	0.0	75.22	28.50	1.0
NSX251010	1,368	53	55	178	83	0.0	0.0	0.0	80.78	25.30	1.0
NSX251014	1,363	55	59	217	107	1.4	7.3	0.0	75.17	26.27	1.0
NSX251015	1,312	55	59	217	102	0.7	0.7	1.3	78.21	26.90	1.0
DK9979C	1,843	58	60	218	94	0.0	0.0	0.0	79.86	29.43	1.2
PAC789	1,712	61	63	200	85	0.0	0.0	0.7	83.62	31.67	1.0
DOA.NS5	1,474	58	60	203	96	0.0	0.6	0.0	75.19	28.50	1.0
Mean	1,530	57	59	205	95	0.2	1.0	0.5	76.99	28.05	1.0
CV (%)	8.13	3.53	4.52	4.52	6.15	438.61	268.26	255.32	2.08	6.04	3.90
LSD (0.05)	204	3	4	15	10	ns	4.3	ns	2.62	2.77	0.1

Table 2 Mean grain yield (kg/rai) and some agronomic characteristics of hybrid maize in paddy field at Phetchabun Province during dry season, 2024/2025

Pedigree	Yield (kg/rai)	Days to tassel (day)	Days to silking (day)	Plant Height (cm)	Ear Height (cm)	Root lodging (%)	Stalk lodging (%)	Rotten ear (%)	Shell (%)	Moist (%)	Ear/ plant
NSX251018	1,879	57	60	272	136	0.0	0.7	0.6	74.06	29.73	1.1
NSX251005	1,760	59	62	244	133	2.1	0.7	1.4	71.80	31.20	1.0
NSX251017	1,755	58	60	242	120	0.0	0.0	1.2	75.13	28.77	1.1
NSX251020	1,728	56	58	257	137	0.0	7.0	0.0	75.07	29.73	1.0
NSX251014	1,706	60	62	283	168	0.7	4.1	0.0	70.75	30.20	1.0
NSX251006	1,703	56	58	235	128	0.7	5.9	0.0	74.80	27.53	1.0
NSX172017	1,662	60	62	278	149	0.0	1.3	3.6	67.85	33.60	1.1
NSX251001	1,662	54	56	235	128	0.0	4.9	1.3	73.87	27.77	1.0
NSX251015	1,660	56	59	281	162	0.0	4.6	0.6	77.21	29.20	1.0
NSX251008	1,660	56	58	238	130	1.3	6.1	0.0	74.55	28.27	1.0
NSX251007	1,622	60	62	237	131	1.3	17.3	0.0	73.07	31.30	1.0
NSX251021	1,605	56	58	241	132	2.0	5.9	0.0	76.85	27.53	1.0
NSX251003	1,603	59	61	244	134	0.0	2.6	0.0	73.60	29.00	1.0
NSX152067	1,603	59	61	285	150	2.0	1.3	2.7	65.95	33.00	1.0
NSX251019	1,556	57	60	273	150	0.6	0.0	1.1	76.11	31.20	1.0
NSX202002	1,554	58	60	246	130	0.0	1.3	0.7	75.54	31.53	1.0
NSX251013	1,547	55	57	245	137	0.0	0.0	0.0	74.18	28.87	1.0
NSX251004	1,540	58	60	237	131	0.0	2.5	0.7	71.29	30.67	1.0
NSX251012	1,534	57	59	272	161	0.0	4.7	0.0	76.56	27.87	1.0
NSX251009	1,532	59	61	267	150	0.0	7.5	0.7	74.68	33.17	1.1
NSX251002	1,525	56	58	234	124	0.6	3.2	0.0	74.05	27.17	1.0
NSX251016	1,510	61	63	232	116	0.0	0.7	0.6	74.00	24.83	1.0
NSX251010	1,497	56	58	237	135	0.0	0.0	0.6	76.36	26.70	1.0
NSX251011	1,465	55	57	252	139	0.0	4.7	0.0	73.15	25.37	1.0
NSX152097	1,368	57	59	288	159	0.6	0.0	3.4	66.36	36.17	1.1
DK9979C	1,847	59	62	275	140	0.0	0.0	6.0	75.94	32.07	1.2
PAC789	1,669	60	62	256	129	0.7	0.0	2.7	80.79	35.67	1.1
DOA.NS5	1,681	56	59	258	139	0.0	0.0	0.0	71.36	32.37	1.0
Mean	1,623	57	60	255	139	0.5	3.1	1.0	73.75	30.02	1.0
CV (%)	7.66	1.91	1.88	3.99	6.12	263.89	125.39	152.46	1.56	3.91	4.00
LSD (0.05)	203	2	2	17	14	ns	6.4	2.5	1.88	1.92	0.1

Table 3 Mean grain yield (kg/rai) and some agronomic characteristics of hybrid maize in paddy field across 2 locations during dry season, 2024/2025

Pedigree	Yield (kg/rai)	Days to tassel (day)	Days to silking (day)	Plant Height (cm)	Ear Height (cm)	Root lodging (%)	Stalk lodging (%)	Rotten ear (%)	Shell (%)	Moist (%)	Ear/ plant
NSX251018	1,807	57	59	249	117	0.0	0.3	0.3	75.31	28.05	1.1
NSX251017	1,716	58	59	223	104	0.0	0.0	1.2	74.84	27.93	1.1
NSX251020	1,662	56	58	231	114	0.0	4.1	0.0	76.88	28.82	1.0
NSX202002	1,650	58	60	233	115	0.3	1.0	0.3	77.48	29.70	1.0
NSX172017	1,646	60	62	248	125	0.0	1.0	1.8	69.09	33.28	1.1
NSX251006	1,620	56	58	216	109	0.7	3.3	0.0	76.35	27.12	1.0
NSX251001	1,608	54	56	214	109	0.0	2.4	1.0	75.60	27.45	1.0
NSX152067	1,606	60	62	252	126	1.0	0.6	1.7	68.75	32.42	1.0
NSX251019	1,606	56	59	247	127	0.3	0.0	1.5	76.91	29.97	1.0
NSX251005	1,600	58	60	223	112	1.7	0.3	1.7	73.74	30.17	1.0
NSX251008	1,569	56	58	224	113	0.7	3.7	0.3	75.40	27.38	1.0
NSX251003	1,551	59	61	222	113	0.0	3.2	0.0	75.38	28.88	1.0
NSX251021	1,542	56	59	222	114	1.0	3.7	0.0	77.74	28.37	1.0
NSX251014	1,534	57	61	250	138	1.0	5.7	0.0	72.96	28.23	1.0
NSX251009	1,520	59	61	240	126	0.0	4.1	0.3	75.40	30.45	1.1
NSX251002	1,516	56	57	213	105	0.3	1.6	0.0	76.24	27.08	1.0
NSX251007	1,509	60	62	216	109	0.7	8.6	0.0	74.20	30.47	1.0
NSX152097	1,501	60	62	255	136	0.3	0.0	3.5	68.69	34.03	1.1
NSX251013	1,491	55	58	218	112	0.0	0.0	0.3	76.93	27.63	1.0
NSX251015	1,486	56	59	249	132	0.3	2.7	1.0	77.71	28.05	1.0
NSX251016	1,482	58	61	209	100	0.0	0.3	0.3	75.88	24.03	1.0
NSX251012	1,474	58	60	243	133	0.0	6.2	0.0	78.02	27.58	1.0
NSX251004	1,464	57	59	211	106	0.0	1.3	0.3	73.25	29.58	1.0
NSX251010	1,433	54	57	208	109	0.0	0.0	0.3	78.57	26.00	1.0
NSX251011	1,431	54	57	229	120	0.0	2.7	0.0	75.71	25.40	1.0
DK9979C	1,845	59	61	247	117	0.0	0.0	3.0	77.90	30.75	1.2
PAC789	1,691	60	62	228	107	0.4	0.0	1.7	82.20	33.67	1.1
DOA.NS5	1,578	57	59	231	117	0.0	0.3	0.0	73.28	30.43	1.0
Mean	1,576	57	59	230	117	0.3	2.0	0.7	75.37	29.03	1.0
CV (%)	7.88	2.83	3.45	4.23	6.24	319.84	162.66	186.77	1.85	5.02	3.95
LSD (0.05)	142	1.9	2.4	11.2	8.3	ns	3.8	1.6	1.59	1.67	0.05

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2556. เอกสารวิชาการ เรื่อง การผลิตพืชไร่ในระบบการปลูกข้าว ภายใต้โครงการจัดระบบปลูกข้าว. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

Boonpradub, S., Chatairi, M., Senanarong, N. 1998. Maize cultivation in paddy field research in Thailand. In: Vasal, S.K. (Ed.). Proc. 7th Asian Reg. Maize Workshop: 339–406. PCARRD, Los Banos, Philippines.

การประเมินความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังและลักษณะทางการเกษตร ในสายพันธุ์อินเบรดในชั่วเริ่มต้น

Evaluation of resistance to cassava mosaic disease and agronomic traits in early inbred lines generation

ภูชิต วงษ์กรณ์[a], **ภารดี ธรรมาภิชัย**[a], **ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ**[b], **ปิยะ กิตติภาดากุล**[a,*]

Phuchit Wongkorn[a], Paradee Thumapichai[a], Supachai Vuttipongchaikij[b], Piya Kittipadakul[a,*]

[a] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[b] ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[a] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[b] Department of Genetics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

ปัจจุบันโรคใบด่างมันสำปะหลังระบาดรุนแรงในไทย และยังไม่มีพันธุ์ที่ทั้งต้านทานโรคและให้ผลผลิตสูง การทดลองนี้คัดเลือกอินเบรดชั่วแรก (S_1) จำนวน 9 สายพันธุ์ จาก 120 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกด้านความต้านทานและผลผลิต พัฒนาจากพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ระยอง 5 ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 ผลการเปรียบเทียบกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และ CMR34–08–89 ในปี 2566–2567 พบว่า DS59–11–81 (R5-S_1) และ DS59–21–3 (KU50-S_1) มีความต้านทานโรคใบด่างดีที่สุด โดย DS59–11–81เด่นทั้งผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้ง เหมาะสำหรับใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ที่ต้านทานโรคและให้ผลผลิตสูง หรือใช้ต่อยอดพัฒนาเป็นอินเบรดเพื่อสร้างสายพันธุ์แท้สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต

คำสำคัญ: การคัดเลือกพันธุ์, ความต้านทาน, พันธุ์ต้านทาน, โรคใบด่างมันสำปะหลัง, สายพันธุ์แท้, อินเบรดชั่วแรก

Abstract

Cassava Mosaic Disease (CMD) is currently spreading severely in Thailand, and no high-yielding CMD-resistant varieties are yet available. This study selected nine first-generation inbred lines (S1) from 120 lines previously screened for CMD resistance and good yield, derived from Kasetsart 50, Rayong 5, Huay Bong 60, and Huay Bong 80. Field evaluations in 2023–2024, compared with Kasetsart 50 and CMR34–08–89, showed that DS59–11–81 (S1 from R5) and DS59–21–3 (S1 from KU50) exhibited the best CMD resistance. Among them, DS59–11–81 was notable for its high fresh root yield and starch content, making it a promising parent for developing CMD-resistant, high-yielding varieties, or for further inbreeding to produce superior true-breeding cassava lines for future breeding programs.

Keywords: Cassava Mosaic Disease (CMD), First-generation inbred (S1), Pure line, Resistance, Resistant variety, Varietal selection

คำนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชที่สำคัญต่อความมั่นคงทางอาหาร โดยเป็นแหล่งพลังงานอาหารหลักสำหรับผู้คนกว่าครึ่งพันล้านคนทั่วโลก โดยเฉพาะในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ความทนทานต่อสภาพแวดล้อมสามารถปลูกได้ในพื้นที่ที่ดินไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ และมีศักยภาพในการทนแล้งได้อีกด้วย ทำให้มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความยืดหยุ่นสำหรับเกษตรกรรายย่อย (FAO, 2001) แม้ทั่วโลกจะมีศักยภาพในการผลิตมันสำปะหลังที่สูง แต่ก็ถูกจำกัดด้วยปัจจัยจากสภาพแวดล้อมจำนวนมาก (Legg et al., 2015) โดยโรคที่เกิดจากไวรัสเป็นภัยคุกคามที่สำคัญที่สุด ในบรรดาข้อจำกัดที่เกิดจากไวรัส โรคใบด่างมันสำปะหลัง (CMD) เป็นโรคที่แพร่ระบาดและสร้างความเสียหายมากที่สุด ทำให้เกิดความสูญเสียผลผลิตอย่างมากซึ่งอาจสูงถึง 100% ในพันธุ์ที่อ่อนแอ เมื่อเกิดการติดเชื้อตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต (Fauquet and Fargette, 1990; Alabi et al., 2011) โรคใบด่างมันสำปะหลังมีแมลงพาหะคือแมลงหวี่ขาว *Begomoviruses* เช่น *African Cassava Mosaic Virus* (ACMV) และ *Sri Lankan Cassava Mosaic Virus* (SLCMV) ซึ่งไวรัสตัวหลังพบการระบาดที่รุนแรงในเอเชีย (Wang et al., 2016) มีอาการโดดเด่นที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน เช่น ใบจะมีอาการด่าง หงิกงอ และต้นแคระแกร็นอย่างรุนแรง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสงและการพัฒนาหัวของมันสำปะหลัง (Fauquet and Fargette, 1990) ในธรรมชาตินั้นมันสำปะหลังจะมีเฮเทอโรไซกัสสูง (highly heterozygous) และเผชิญสภาวะเสื่อมถอยจากการผสมเลือดชิด (inbreeding depression) อย่างไรก็ตาม เมื่อสายพันธุ์อินเบรดเหล่านี้ถูกผสมข้ามจะได้สายพันธุ์ลูกผสมโดยจะมีลักษณะที่เหนือกว่าพ่อแม่พันธุ์ที่เป็นสายพันธุ์อินเบรด ซึ่งปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าวเรียกว่า เฮเทอโรซิส (heterosis) (Charlesworth and Willis, 2009) ปัจจุบันประเทศไทยมีการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง การประเมินความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง และลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์อินเบรดชั่วเริ่มต้นถือเป็นสิ่งสำคัญในการระบุสายพันธุ์พ่อแม่ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในโครงการการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังในอนาคต (Ceballos et al., 2004; Masumba et al., 2017) วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ เพื่อประเมินสายพันธุ์อินเบรดชั่วเริ่มต้น (S_1) ที่มีศักยภาพในการต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังและมีผลผลิตสูง และคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดชั่วเริ่มต้น ที่ได้รับการประเมินเหล่านี้เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในโครงการการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังหรือใช้เป็นพันธุ์โดยตรงในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

สายพันธุ์ทดสอบและพันธุ์เปรียบเทียบ

สายพันธุ์อินเบรดชั่วเริ่มต้น 9 สายพันธุ์ ได้มาจากพันธุ์การค้าไทย 4 พันธุ์ คือ

Initial Commercial variety (S_0)	No. of S_1 inbred lines	First Generation Inbred
Kasetsart 50 (KU50)	5	S59–13–3, S59–17–26, S59–17–39, DS59–21–2, DS59–21–3
Rayong 5 (R5)	2	DS59–11–81, S55–30–14
Huay Bong 60 (HB60)	1	S59–4–6
Huay Bong 80 (HB80)	1	DS55–28–8
Total	9	

สายพันธุ์อินเบรดชั่วเริ่มต้น 9 สายพันธุ์ เป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกจากอินเบรดชั่วที่ 1 จำนวน 120 สายพันธุ์ ในแง่ความต้านทานต่อโรคใบด่างและมีผลผลิตดีในปีการคัดเลือกก่อนหน้า

พันธุ์เปรียบเทียบ 2 พันธุ์ ได้แก่

1) พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (KU50) เป็นพันธุ์ทนทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง

2) CMR34–08–89 เป็นสายพันธุ์อ่อนแอต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง

สถานที่และช่วงเวลาในการปลูกทดสอบ

การทดลองในปี 2566 และ 2567 ปลูกทดสอบในพื้นที่อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของการเก็บเกี่ยวแปลงทดสอบ

ไม้ขุดหัวมันสำปะหลัง, เครื่องชั่งน้ำหนัก 60 กิโลกรัม, ตะกร้า, ถุงตาข่าย, เครื่อง Riemann scale

แผนการทดลอง (experimental design)

ปลูกทดสอบทั้งหมด 2 ปี การทดลองในปี 2566 และ 2567 ปลูกทดสอบโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยมี 3 ซ้ำ มีระยะระหว่างแถว 1.2 เมตร และระหว่างต้น 0.8 เมตร ซึ่งมีการปลูกพันธุ์การค้าที่อ่อนแอต่อโรค (susceptible) คือสายพันธุ์ CMR34–08–89 เป็นแถวแพร่กระจายเชื้อ (spreader row) จำนวน 1 แถวระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์ ทั้งหมด 12 ร่อง ในแปลงทดลองเพื่อให้แน่ใจและเพิ่มการติดเชื้อโรคให้อยู่ในระดับที่สูง โดยมีระยะปลูกเดียวกันกับสายพันธุ์ทดสอบและพันธุ์เปรียบเทียบ (Fig. 1)

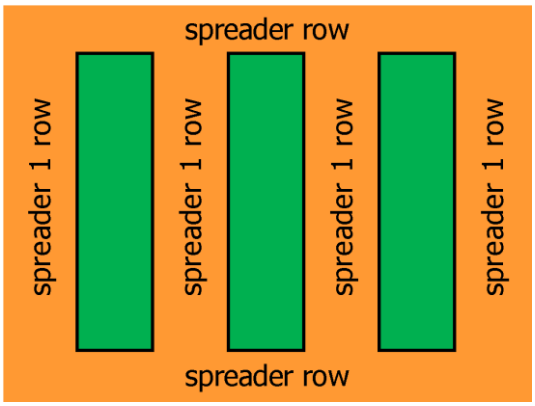


Fig. 1 Diagram of the experimental layout showing cassava line CMR34–08–89 (susceptible to cassava mosaic disease) planted as spreader rows surrounding each green experimental plot

การเก็บข้อมูล

ประเมินความต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง (CMD) ที่ 8 เดือนหลังปลูก เนื่องจากมันสำปะหลังเข้าสู่ระยะการสะสมน้ำหนักหัวและแป้งอย่างเต็มที่ (Saffa et al., 2025) การเก็บข้อมูลการเป็นโรค (Disease incident) โดยนับจำนวนต้นที่เป็นโรคแล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ส่วนความรุนแรงของโรค (Disease severity) ประเมินโดยใช้เกณฑ์แบ่งระดับความรุนแรงตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดยในระดับ 1 หมายถึงไม่มีอาการ จนถึงระดับ 5 หมายถึงอาการด่างรุนแรง รวมถึงใบที่บิดเบี้ยวอย่างมาก การลดขนาดใบอย่างมีนัยสำคัญ และต้นแคระแกร็นอย่างชัดเจน (Terry, 1975; Olasanmi et al., 2021) และการเก็บข้อมูลในครั้งสุดท้ายที่อายุ 10 เดือนหลังปลูก โดยเก็บข้อมูลน้ำหนักผลผลิตหัวสด (fresh root weight) และปริมาณแป้ง (starch content) (Oliveira, 2016)

เกณฑ์การประเมินโรค

เกณฑ์การจำแนกระดับความต้านทานตามดัชนีการเป็นโรคในมันสำปะหลัง (Rakkrai et al., 2022) (Table 1)

Table 1 Classification of cassava resistance groups based on disease index values, ranging from highly resistant to highly susceptible

Disease index (%)	Definitions
< 20	High resistance (HR)
21–40	Resistance (R)
41–60	Moderate (M)
61–80	Susceptible (S)
> 81	High susceptible (HS)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้จะเน้นประเมินความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง, น้ำหนักผลผลิตหัวสด และปริมาณแป้งของหัวสด การประเมินดำเนินการเป็นระยะเวลา 2 ปี ในพื้นที่อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคใบด่างรุนแรง โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากสายพันธุ์อินเบรดในชั่วเริ่มต้น (S_1) กับพันธุ์เปรียบเทียบ โดยคำนวณ Disease incident (%), Disease severity, Disease index (%) ตามสูตรของ Hooda et al. (2018) ตาม Equation 1–3:

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจะถูกวิเคราะห์โดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA), การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ Combined Analysis of Variance ทั้งหมดดำเนินการภายในโปรแกรมสถิติ R รุ่น 4.4.1

$$Disease\ incident\ (\%) = \frac{Number\ of\ infected}{Number\ of\ germinated} \times 100 \quad (1)$$

$$Disease\ severity = \frac{(Number\ of\ infected \times severity\ level}{Total\ number\ of\ infected} \quad (2)$$

$$Disease\ index\ (\%) = \frac{(Number\ of\ infected \times severity\ level)}{Total\ number\ of\ infected} \times 100 \quad (3)$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบพันธุ์ในปี 2566 ในเรื่องของความต้านทานต่อโรคทั้ง 3 ค่าคือ เปอร์เซ็นต์เกิดโรค (Disease incident) ความรุนแรงของโรค (Disease severity) และดัชนีการเกิดโรค (Disease index) ไม่พบความแตกต่าง เมื่อพิจารณาระดับความต้านทานตามดัชนีการเกิดโรค จากทั้งหมด 11 สายพันธุ์/พันธุ์ พบว่ามี 6 สายพันธุ์/พันธุ์ ที่มีความอ่อนแอต่อโรค 4 สายพันธุ์ที่มีความต้านทานปานกลาง และมี 1 สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคใบด่างคือ DS59–21–3 (Table 3)

เมื่อพิจารณาผลผลิตหัวสด พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์ แต่มีความแตกต่างของปริมาณแป้งระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์ โดย DS59–11–81 มีเปอร์เซ็นต์แป้งที่สูงกว่า CMR34–08–89, S59–13–3, S59–4–6, DS59–21–3 (Table 3)

Table 3 Disease incidence, disease severity, disease index, fresh root yield, and starch content of the tested cassava lines or varieties grown in Soeng Sang District, Nakhon Ratchasima Province in 2023

Line	Disease incident	Disease severity	Disease index	Disease Resistance Levels	Fresh root yield (kg/plant)	Starch content (%)
S59–30–14	100.00	2.21	54.17	Moderate	1.54	28.85[ab]
CMR34–08–89	100.00	2.94	71.67	Susceptible	0.41	24.57[b]
DS55–28–8	100.00	3.25	61.67	Susceptible	2.34	31.33[a]
DS59–21–2	100.00	2.78	68.89	Susceptible	2.38	28.53[ab]
KU50	100.00	3.00	73.33	Susceptible	1.51	30.00[a]
S55–17–39	100.00	2.33	46.67	Moderate	2.09	28.50[ab]
S59–13–3	100.00	2.09	53.33	Moderate	1.99	25.80[b]
S59–17–26	100.00	4.00	80.00	Susceptible	1.40	28.10[ab]
S59–4–6	86.11	3.58	71.67	Susceptible	1.47	25.97[b]
DS59–21–3	66.67	2.00	40.00	Resistance	2.38	25.20[b]
DS59–11–81	62.50	1.88	54.17	Moderate	2.54	32.40[a]
F Value	ns	ns	ns		ns	*
CV (%)	23.98	28.67	31.75		52.89	8.06

**Significant difference at $p < 0.01$, *$p < 0.05$, ns Not significantly different.

สำหรับการทดสอบพันธุ์ในปี 2567 พบความแตกต่างในเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค คือ สายพันธุ์ DS59–21–3 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำสุดเพียง 6.86% รองมาคือสายพันธุ์ DS59–11–81 เป็นโรคที่ 49.26% โดยสายพันธุ์ที่เหลือเป็นโรคตั้งแต่ 91.67% จนถึง 100% เมื่อพิจารณาความรุนแรงของโรคพบว่า สายพันธุ์ DS59–21–3 มีความรุนแรงของโรคที่น้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาลักษณะดัชนีการเกิดโรคพบว่า สายพันธุ์ DS59–21–3 และ DS59–11–81 มีดัชนีการเกิดโรคต่ำสุด (Table 4)

เมื่อพิจารณาผลผลิตหัวสด พบว่า สายพันธุ์ DS59–11–81 มีผลผลิตหัวสดสูงกว่า CMR34–08–89, DS59–21–2, S59–4–6, S59–13–3 และ S59–17–26 และปริมาณแป้ง สายพันธุ์ DS59–11–81 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่า CMR34–08–89, S59–4–6 และ DS59–21–3

Table 4 Disease incidence, disease severity, disease index, fresh root yield, and starch content of the tested cassava lines or varieties grown in Soeng Sang District, Nakhon Ratchasima Province in 2024

Line	Disease incident	Disease severity	Disease index	Disease Resistance Levels	Fresh root yield (kg/plant)	Starch content (%)
CMR34–08–89	100^{a}	4.00^{a}	77.89^{a}	Susceptible	1.32^{de}	23.13^{bc}
DS55–28–8	100^{a}	3.49^{ab}	69.78^{abc}	Susceptible	3.00^{ab}	27.73^{a}
DS59–21–2	100^{a}	3.83^{a}	76.53^{ab}	Susceptible	1.94^{bcde}	25.23^{abc}
KU50	100^{a}	3.50^{ab}	66.11^{abc}	Susceptible	2.11^{abcde}	24.47^{abc}
S55–17–39	100^{a}	3.10^{ab}	62.00^{bc}	Susceptible	2.31^{abcd}	27.83^{a}
S59–4–6	100^{a}	4.00^{a}	80.00^{a}	Susceptible	0.96^{e}	17.70^{d}
S59–30–14	94.12^{a}	3.12^{ab}	59.98^{c}	Moderate	2.70^{abc}	26.65^{ab}
S59–13–3	91.67^{a}	3.16^{ab}	61.33^{bc}	Susceptible	1.58^{cde}	26.73^{a}
S59–17–26	91.67^{a}	3.16^{ab}	80.00^{a}	Susceptible	0.97^{e}	25.05^{abc}
DS59–11–81	49.26^{b}	2.67^{b}	34.26^{d}	Resistance	3.33^{a}	26.67^{a}
DS59–21–3	6.85^{c}	1.33^{c}	21.37^{d}	Resistance	2.28^{abcd}	22.67^{c}
F Value	***	**	**		**	*
CV (%)	16.82	18.33	14.56		35.76	8.00

**Significant difference at $p < 0.01$, *$p < 0.05$, ns Not significantly different.

จากผลการทดสอบพันธุ์ใน 2 แปลง 2 ปี พบว่า สายพันธุ์ DS59–11–81 (S_1 จาก R5) และ DS59–21–3 (S_1 จาก KU50) มีความต้านทานต่อโรคใบด่างที่ดีกว่าสายพันธุ์อื่น ซึ่งจากดัชนีการเกิดโรคในปี 2567 จัดเป็นสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคใบด่าง และหากพิจารณาถึงผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งในหัว สายพันธุ์ DS59–11–81 ถือเป็นสายพันธุ์ที่น่าสนใจเพราะมีผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งสูง จึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะต่อการคัดเลือกสำหรับใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคใบด่างและมีผลผลิตหัวและปริมาณแป้งสูง หรือใช้เป็นสายพันธุ์ในการพัฒนาอินเบรดในชั่วต่อไปเพื่อให้ได้สายพันธุ์แท้ของมันสำปะหลังที่ดีเพื่อใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

สรุป

การพัฒนาสายพันธุ์แท้เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างลูกผสมที่แสดงความดีเด่นของลูกผสม ถือเป็นแนวทางสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง ซึ่งมีโอกาสที่จะสร้างลูกผสมที่ดีในอนาคตได้มากกว่า จากการทดสอบอินเบรดชั่วที่ 1 ครั้งนี้ พบว่า สามารถใช้สายพันธุ์ DS59–11–81 (S_1 จาก R5) และ DS59–21–3 (S_1 จาก KU50) ในการพัฒนาอินเบรดในชั่วต่อไปได้จากข้อมูลด้านการต้านทานโรคและข้อมูลด้านผลผลิต และหากพิจารณาความสัมพันธ์ทางเครือญาติพบว่าทั้งสองสายพันธุ์ที่มาจาก R5 และ KU50 นั้นไม่มีความสัมพันธ์ทางเครือญาติกัน จึงเหมาะสำหรับใช้สายพันธุ์แท้ที่ได้จาก 2 อินเบรดตั้งต้นนี้ในการสร้างลูกผสมของมันสำปะหลังในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Alabi, O., Rayapati, N., Kumar, L. 2011. Cassava mosaic disease: A curse to food security in Sub-Saharan Africa. APSnet Feature 159: 161–170.

Ceballos, H., Kawano, K., Pérez, J.C., Amaya, P. 2004. Cassava breeding: Opportunities and challenges. Plant Mol. Biol. 56: 517–540. doi.org/10.1007/s11103-004-5010-1

Charlesworth, D., Willis, J.H. 2009. The genetics of inbreeding depression. Nat. Rev. Genet. 10: 783–796.

Fauquet, C., Fargette, D. 1990. African cassava mosaic virus: Etiology, epidemiology, and control. Plant Dis. 74: 404–411.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2001. The global cassava development strategy and implementation plan. FAO.

Hooda, K.S., Bagaria, P.K., Khokhar, M., Kaur, H., Rakshit, S. 2018. Mass screening techniques for resistance to maize diseases. ICAR-Indian Institute of Maize Research: 1–120.

Legg, J.P., Lava Kumar, P., Makeshkumar, T., Tripathi, L., Ferguson, M., Kanju, E., Ntawuruhunga, P., Cuellar, W. 2015. Cassava virus diseases: Biology, epidemiology, and management. Adv. Virus Res. 91: 85–142.

Masumba, E., Ntawuruhunga, P., Ssemakula, G., Tumwesigye, S. 2017. Genetic gain and stability of cassava F1 hybrids and S1 inbred lines for agronomic traits and resistance to cassava mosaic disease in Uganda. Euphytica 213: 16.

Olasanmi, B., Kyallo, M., Yao, N. 2021. Marker-assisted selection complements phenotypic screening at seedling stage to identify cassava mosaic disease-resistant genotypes in African cassava populations. Sci. Rep. 11: 2850. doi.org/10.1038/s41598-021-82473-1

Oliveira, E.C. 2016. Sweet cassava growing, yield and harvest indexes in different population densities. Aust. J. Basic Appl. Sci. 16: 120–126. doi.org/10.5829/IDOSI.AEJAES.2016.16.2.12723

Saffa, M.D., Samura, A.E., Bah, M.A., Eni, A.O., Tibiri, E.B., Sagnon, A., Tiendrébéogo, F., Pita, J.S., Norman, P.E., Johnson, R.A.B. 2025. Detection of cassava mosaic disease and assessment of selected agronomic traits of cassava (*Manihot esculenta*). Horticulturae 11: 618.

Terry, E.R. 1975. Description and evaluation of cassava mosaic disease in Africa. In: Int. Exch. Test. Cassava Germplasm Afr.: 53–54. IITA.

Wang, X., Alabi, O.J., et al. 2016. First report of Sri Lankan cassava mosaic virus infecting cassava in Cambodia. Plant Dis. 100: 1017.

การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวน PLBs ของกล้วยไม้สกุล *Psygmorchis pusilla* (L.) Dodson & Dressler ในสภาพปลอดเชื้อ

Study on suitable culture media for PLBs multiplication of *Psygmorchis pusilla* (L.) Dodson & Dressler *in vitro*

เขมชาติ ศรีบัว, เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์*

Khemchart Sribua, Shermarl Wongchaochant*

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

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

บทคัดย่อ

กล้วยไม้ *Psygmorchis pusilla* (L.) Dodson & Dressler ได้รับความนิยมในการใช้เป็นไม้ประดับในปัจจุบัน การเพิ่มจำนวนกล้วยไม้สกุลนี้ให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง การใช้สูตรอาหารทั่วไปในการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ *P. pusilla* ในสภาพปลอดเชื้อ มีอัตราการเพิ่มจำนวน PLBs และการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า จึงทดลองใช้สูตรอาหาร 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) VW 2) VW ที่มีการเติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร 3) ½ MS 4) ½ MS ที่มีการเติมปุ๋ย Hyponex® 1 กรัมต่อลิตร และ 5) MS เพาะเลี้ยงในขวดขนาด 4 ออนซ์ เป็นเวลา 90 วัน พบว่าสูตรอาหารกรรมวิธีที่ 4 (½ MS ที่มีการเติมปุ๋ย Hyponex® 1 กรัมต่อลิตร) มีจำนวนและขนาด PLBs มากกว่า PLBs ที่ได้จากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และ PLBs มีลักษณะสมบูรณ์ สีเขียวอ่อน YELLOW-GREEN GROUP (144B) ยอดอ่อนจาก PLBs สามารถพัฒนาต่อไปเป็นต้นสมบูรณ์ได้

คำสำคัญ: กล้วยไม้, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, การเพิ่มจำนวนในสภาพปลอดเชื้อ, สกุล *Psygmorchis*

Abstract

Recently, *Psygmorchis pusilla* (L.) Dodson & Dressler is popular used as an ornamental plant. It is therefore crucial to propagate this orchid genus sufficiently to meet market demand. The use of general orchid culture media for *P. pusilla* micropropagation results in slow rate of PLBs proliferation and growth. Therefore, five culture media treatments: 1) VW medium; 2) VW medium supplemented with 150 ml/L coconut water; 3) ½ MS medium; 4) ½ MS medium supplemented with 1 g/L Hyponex® fertilizer; and 5) MS medium were examined. The explants were cultured in 4-ounce bottles for 90 days. The results showed that treatment 4 (½ MS medium supplemented with 1 g/L Hyponex® fertilizer) induced a significantly higher number and larger size of PLBs compared to the other treatments. These PLBs were healthy, light green (YELLOW-GREEN GROUP 144B) and their shoots were capable of developing into complete plantlets.

Keywords: Mass propagation, Orchid, *Psygmorchis*, Tissue culture

คำนำ

กล้วยไม้ *Psygmorchis pusilla* (L.) Dodson & Dressler มีถิ่นกำเนิดแถบทวีปอเมริกาใต้ ช่อดอกสีเหลือง เป็นช่อกระจุกแน่น เกิดจากบริเวณซอกใบด้านล่าง โดยปกติช่อกระจุกแต่ละช่อจะออกดอกเพียงครั้งละหนึ่งดอก แต่สามารถออกดอกได้หลายครั้งติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน เป็นกล้วยไม้ที่ได้รับความนิยมในประเทศไต้หวันเนื่องจากมีขนาดเล็กออกดอกได้ตลอดทั้งปีและมีสีสันสวยงาม การปลูกเลี้ยงดูแลง่าย สามารถออกดอกได้ในสภาพปลอดเชื้อ แต่มีอัตราการเพิ่มจำนวนและการเจริญเติบโตช้า Vaz และ Kerbauy (2008) ได้รายงานการใช้อาหารสูตร VW ดัดแปลงที่ปรับลดปริมาณไนโตรเจนลง จากปริมาณปกติ ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากในการเตรียมสารละลายเข้มข้นแยกจากสูตรอาหารตามวิธีมาตรฐานที่ใช้ร่วมกันในห้องปฏิบัติการดังนั้นการพัฒนาสูตรอาหารที่สะดวกในการใช้งานและต้นทุนไม่สูงจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ชนิดนี้ มีรายงานสูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้หลายสกุล แต่ละสกุลของกล้วยไม้มีความต้องการปัจจัยในการเจริญเติบโตต่างกันในแต่ระยะการเติบโต เช่น อาหารสูตร VW ที่ใช้เพาะเลี้ยงกล้วยไม้ อาจสามารถใช้ได้ดีกับกล้วยไม้บางชนิดที่มีการเจริญเติบโตช้า ซึ่งอาจไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตของกล้วยไม้บางชนิดที่ต้องการธาตุอาหารมากเพียงพอในการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว การใช้อาหารสูตรที่มีความหลากหลายของธาตุอาหารที่มากขึ้น เช่น การเลือกใช้อาหารสูตร MS อาจช่วยให้ Protocorm ของกล้วยไม้เจริญเติบโตได้ดีกว่าอาหารสูตร VW และคณะผู้วิจัยได้เพิ่มเติมสารประกอบอื่นในสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองด้วย เช่น การเพิ่มน้ำมะพร้าวในอาหารสูตร VW โดยในน้ำมะพร้าวมีสารควบคุมการเจริญเติบโต และมีสารต่าง ๆ เช่น Indole-3-acetic acid (Hadley, 1982) และ 1,3-diphenylurea ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายไซโตไคนิน (Shantz and Steward, 1955) รวมทั้งคาร์โบไฮเดรตหลายชนิด เช่น erythritol, melezitose และ turanose และยังพบ myo-inositol และ sorbitol รวมทั้งไซโตไคนิน เช่น zeatin และ zeatin riboside ในปริมาณมาก (Letham, 1974) น้ำมะพร้าวช่วยให้คาร์โบไฮเดรตเกิดการแตกพันธะของสารเป็นโมเลกุลเล็กลง ทำให้พืชสามารถนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการหายใจ และส่งผลต่อการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ของเซลล์ผิว (Morel, 1974) ในการศึกษาการเพาะเลี้ยงตายอดและตาข้างของกล้วยไม้ *Vanda* ‘Miss Joaquim’ ในอาหารเหลวสูตร VW ที่เติมน้ำมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถชักนำให้เกิด protocorm-like bodies (PLBs) เพิ่มมากขึ้นและเกิดขึ้นเร็วกว่าการเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง และเมื่อนำ PLBs มาชักนำให้เป็นต้นอ่อน สามารถทำได้โดยนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร VW ที่เติมน้ำมะพร้าว และน้ำตาลซูโครส 10 หรือ 20 กรัมต่อลิตร โดยพบว่าอาหารที่ไม่เติมน้ำมะพร้าวทำให้ได้ต้นอ่อนจำนวนน้อยกว่าและไม่แข็งแรง (Kunisaki และคณะ, 1972) นอกจากนี้การผสมปุ๋ยกล้วยไม้ที่มีชื่อการค้า Hyponex® ที่มีส่วนประกอบทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น แคลเซียม กรดอะมิโน ช่วยให้พืชแข็งแรง เจริญเติบโตดี ให้ดอกผลสมบูรณ์ และมีรายงานการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสังเคราะห์สำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้หลายชนิด เช่น *Rhynchostylis retusa* (Naing et al., 2010) , *Sedirea japonica* (An et al., 2021), *Dendrobium moniliforme* (Hwang et al., 2024) และ *Gastrochilus fuscopunctatus* (Hwang et al., 2025) เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้อาหารสังเคราะห์สูตร VW (Vacin และ Went, 1949) หรือสูตร MS (Murashige และ Skoog,1962) ที่มีการเพิ่มปุ๋ย Hyponex® หรือน้ำมะพร้าวร่วมกับสูตรอาหารในกรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเพิ่มจำนวน PLBs รวมถึงสังเกตลักษณะการเจริญเติบโตและการพัฒนา PLBs ของกล้วยไม้ *P. pusilla* ที่เพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารแต่ละกรรมวิธี

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทดลอง

ฟอกฆ่าเชื้อฝักกล้วยไม้ *P. pusilla* ที่มีอายุฝัก 180 วัน ด้วยสารละลาย Clorox® ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เขย่าเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วอีก 5 ครั้ง แต่ละครั้งเขย่านาน 5 นาที จากนั้นเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารกึ่งแข็งสูตร ½ MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติมน้ำตาลซูโครส 20 กรัมต่อลิตร Kelcogel® 2.5 กรัมต่อลิตร ปรับความเป็นกรดเบส (pH) เท่ากับ 5.6–5.8 เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ด้วยหลอดไฟ cool-white LED ความเข้มแสง 60 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 90 วัน เติมอาหารเหลวสูตร VW ที่มีน้ำตาลซูโครส 20 กรัมต่อลิตร จำนวน 10 หยดลงบนอาหารกึ่งแข็งในขวดเพาะเลี้ยงเดิม และเพาะเลี้ยงต่อเป็นเวลา 90 วัน (Feng and Chen, 2014) จนกระทั่งเมล็ดงอก

วิธีการ

นำ Protocorm ของต้นกล้วยไม้ที่ได้จากการเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 180 วัน Protocorm มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็ง 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 : อาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งสูตร VW

กรรมวิธีที่ 2 : อาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งสูตร VW + น้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 : อาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งสูตร ½ MS

กรรมวิธีที่ 4 : อาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งสูตร ½ MS + ปุ๋ย Hyponex® 1 กรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 : อาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งสูตร MS

โดยสูตรอาหารทุกกรรมวิธีเติมน้ำตาลซูโครสปริมาณ 20 กรัมต่อลิตร และ Kelcogel® ปริมาณ 2.5 กรัมต่อลิตร ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.6–5.8 เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ด้วยหลอดไฟ LED ชนิด Cool white ความเข้มแสง 60 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ขวด ขวดละ 3 โปรโตคอร์ม

การบันทึกผลการทดลอง

หลังจากเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งทั้ง 5 กรรมวิธี เก็บข้อมูลหลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 90 วัน โดยมีการย้ายเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารขวดใหม่ทุก 30 วันโดยไม่ตัดแต่งเนื้อเยื่อ สังเกตการเจริญเติบโตของ PLBs กล้วยไม้ *P. pusilla* โดยบันทึกขนาด, จำนวน สี (เทียบกับ RHS color chart) และลักษณะของ PLBs ที่ถูกชักนำขึ้นมาใหม่จาก PLBs เริ่มต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม RStudio

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

หลังจากเพาะเลี้ยง Protocorm ของกล้วยไม้ *P. pusilla* บนอาหารสังเคราะห์กรรมวิธีต่าง ๆ เป็นเวลา 90 วัน Protocorm จำนวน 1 Protocorm สามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้นเป็นกลุ่ม PLBs เมื่อพิจารณาผลจากการเพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารแต่ละกรรมวิธี พบว่าการเพาะเลี้ยง Protocorm บนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีที่ 4 (½ MS ที่มีการเพิ่มปุ๋ย Hyponex® ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร) มีจำนวนของ PLBs เพิ่มขึ้นมากกว่าการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน รูปที่ 1A และ ตารางที่ 1 และมีจำนวนเฉลี่ยของ PLBs ที่เพิ่มจำนวนขึ้นมาใหม่ 30.09 PLBs ซึ่งมากกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกรรมวิธีที่ 5 (อาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งสูตร MS) มีจำนวนการสร้าง PLBs ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งในกรรมวิธีที่ 1 (VW), กรรมวิธีที่ 2 (VW ที่มีการเติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร) และกรรมวิธีที่ 3 (½ MS) (Table 1)

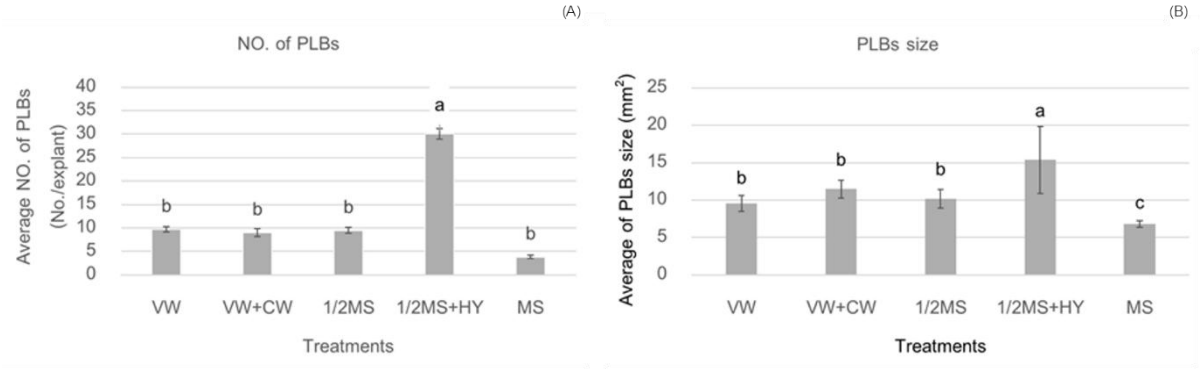


Fig.1 Effect of each medium on number of PLBs (A) and PLBs size (B) of *P. pusilla* after culturing for 90 days. Different letters above bars indicate significantly differences among treatments ($p < 0.05$)

ในส่วนขนาดของ PLBs ที่ถูกชักนำจากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งทั้ง 5 กรรมวิธี พบว่าการเพาะเลี้ยง Protocorm บนอาหารสังเคราะห์กรรมวิธีที่ 4 (½ MS ที่มีการเพิ่มปุ๋ย Hyponex® ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร) มีขนาดของ PLBs ใหญ่กว่า PLBs ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Fig. 1B; Table 1) โดยมีขนาด PLBs เฉลี่ย 15.38 ตารางมิลลิเมตร ขนาด PLBs เฉลี่ยที่ได้จาก Protocorm ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กรรมวิธีที่ 1 (VW), กรรมวิธีที่ 2 (VW ที่มีการเติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร) และกรรมวิธีที่ 3 (½ MS) มีขนาดเฉลี่ย 9.58, 11.47 และ 10.2 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ PLBs ที่ได้จาก Protocorm ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กรรมวิธีที่ 5 (MS) มีขนาดเฉลี่ย 6.8 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า PLBs ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กรรมวิธีอื่นทุกกรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Fig. 1B; Table 1) จากผลการเพิ่มจำนวนและขนาด PLBs ด้วยการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ 5 กรรมวิธี พบว่าการเพาะเลี้ยง Protocorm บนอาหารสังเคราะห์กรรมวิธีที่ 4 (½ MS ที่มีการเพิ่มปุ๋ย Hyponex® ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร) สามารถชักนำให้เกิด PLBs ใหม่ จำนวนมากและ PLBs มีขนาดใหญ่กว่าการเพาะเลี้ยง Protocorm ด้วยอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hwang และคณะ (2025) ที่รายงานว่าการเติมปุ๋ย Hyponex® ร่วมกับอาหารสังเคราะห์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ สามารถช่วยกระตุ้นให้เกิดกระบวนการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ ในระยะแรกของการพัฒนา PLBs รวมถึงยังสามารถช่วยพัฒนาเป็นเนื้อเยื่อเจริญกำเนิดยอด

ได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้จากผลการใช้อาหารสังเคราะห์กรรมวิธีที่ 5 (MS) ในการเพาะเลี้ยง Protocorm ทำให้ได้ PLBs ที่มีจำนวนและขนาดเฉลี่ยน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อาหารสังเคราะห์สูตร MS มีธาตุอาหารมากกว่าสูตร VW และ ½ MS เป็นเพราะอาหารสังเคราะห์สูตร MS มีค่าการนำไฟฟ้าของน้ำและความเข้มข้นของเกลืออนินทรีย์ที่สูง โดยเฉพาะไนโตรเจน (Ammonium nitrate และ Potassium nitrate) ซึ่งก่อให้เกิดความเครียดจากไอออนและความเครียดจากกระบวนการออสโมซิสต่อพืชโดยเฉพาะในระยะของ Protocorm และ PLBs (Hwang et al., 2025) อีกทั้งความเข้มข้นของ Ammonium nitrate ในสารละลายธาตุอาหารที่สูง ทำให้พืชเกิดความเครียดส่งผลให้เกิดการชะลอการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกล้วยไม้ที่เพาะเลี้ยง (Alam et al., 2002) การลดความเข้มข้นของ Ammonium nitrate ในสูตรอาหาร MS ลงครึ่งส่วน แล้วใช้ร่วมกับปุ๋ย Hyponex® ตามกรรมวิธีที่ 4 จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มจำนวนและขนาด PLBs ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการลดความเข้มข้นของอาหารสังเคราะห์สูตร MS และการเสริมด้วยปุ๋ย Hyponex® สามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตได้ ถึงแม้ว่าจะมีการปรับลดความเข้มข้นของธาตุอาหารลงครึ่งหนึ่งแต่มีความสมดุลระหว่างสัดส่วนของ Ammonium และ Nitrate ที่เหมาะสมซึ่งช่วยสนับสนุนการดูดซึมของพืชและการสังเคราะห์โปรตีนได้ดี สามารถทำให้พืชตอบสนองได้ดีมีกระตุ้นการเจริญเติบโตดี (An et al., 2021)

Table 1 Effects of culture media on number and size of *P. pusilla* PLBs after culturing for 90 days

Treatment No.	Media components	No. of PLBs	PLBs size (mm^2)
1	VW	9.71 ± 0.51^{b}	9.58 ± 1.05^{b}
2	VW+coconut water	9.02 ± 0.88^{b}	11.47 ± 1.18^{b}
3	½ MS	9.47 ± 0.65^{b}	10.2 ± 1.25^{b}
4	½ MS+Hyponex®	30.09 ± 1.16^{a}	15.38 ± 4.47^{a}
5	MS	6.8 ± 0.38^{c}	6.8 ± 0.45^{c}
	F-test	*	*
	CV	118.97	48.2

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

นอกจากนี้ลักษณะ PLBs ที่พัฒนาจาก Protocorm ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีที่ 1 (VW) และกรรมวิธีที่ 2 (VW ที่มีการเติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร) มีลักษณะของ PLBs ที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ที่มีลักษณะค่อนข้างใกล้เคียงกัน (Fig. 2A; Fig. 2B) แต่พบความแตกต่างที่สีของ PLBs โดย Protocorm ที่เลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีที่ 1 (VW) มีสีเขียวอ่อนอยู่ในกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP N144C ที่ร้อยละ 84 ของทั้งหมด และมีสีเขียวกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP 150C, 146A และ 144C ร้อยละ 6, 6 และ 4 ตามลำดับ (Table 2) PLBs ที่พัฒนาจาก Protocorm ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีที่ 2 (VW ที่มีการเติมน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร) พบปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ของเนื้อเยื่อมากกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่ง PLBs มีสีเขียวในกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP 150D ร้อยละ 64 ของจำนวนทั้งหมด รองลงมามีสีเขียวกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP 153B และ 151D ร้อยละ 30 และ 3 ตามลำดับ และมีสีเขียวกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP N144C ร้อยละ 3 ของจำนวนทั้งหมด PLBs ที่มีสีในกลุ่มสีน้ำตาลหรือดำ สะท้อนถึงการเกิดออกซิเดชันหรือการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่ออีกทั้งมีการเติมน้ำมะพร้าวที่มีฮอร์โมนในกลุ่มไซโตไคนิน เช่น ไคเนตินมักพบปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Guo et al., 2024) และ PLBs ที่พัฒนาจาก Protocorm ที่

เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีที่ 3 (½ MS) และ กรรมวิธีที่ 5 (MS) จะมีลักษณะของ PLBs ที่ใกล้เคียงกัน (Fig. 2C; Fig. 2E) แตกต่างที่สี PLBs ที่พัฒนาจากโปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีที่ 3 มีสีเขียวในกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP 146A และ 146B ร้อยละ 52 และ 48 ตามลำดับ และ PLBs ที่พัฒนาจาก Protocorm ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีที่ 5 พบปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งชี้ว่าเนื้อเยื่อมีภาวะเสื่อมสภาพและอาจลดความสามารถในการพัฒนาของเนื้อเยื่อ (Cardoso et al., 2020) มากกว่ากรรมวิธีที่ 3 ซึ่งจะมีสีเขียวในกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP 154D เป็นร้อยละ 40 ของจำนวนทั้งหมด มีสีเขียวในกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP 145A และ 143B ร้อยละ 49 และ 11 ตามลำดับ และ PLBs ที่พัฒนาจาก Protocorm ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีที่ 4 (½ MS ที่เติมปุ๋ย Hyponex® 1 กรัมต่อลิตร) มีสีเขียวในกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP 144B ร้อยละ 96 ของจำนวนทั้งหมด PLBs ที่เหลือมีสีเขียวในกลุ่ม YELLOW-GREEN GROUP 144A ร้อยละ 4 (Fig. 2D; Table 2) สีของ PLBs เป็นตัวชี้วัดเชิงคุณภาพที่สำคัญ เนื่องจากแสดงถึงลักษณะทางสรีรวิทยาและสุขภาพของ PLBs โดยตรง PLBs ที่มีสีในกลุ่มสีเขียว แสดงถึงการสะสมคลอโรฟิลล์และความสามารถในการสังเคราะห์แสง ซึ่งบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์และศักยภาพในการพัฒนาเป็นต้นอ่อน อาหารกึ่งแข็งสูตร ½ MS เป็นพื้นฐานที่ดีสำหรับพัฒนา PLBs และมักให้ PLBs ที่มีลักษณะสีเขียวและพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่ดี แต่การเสริมด้วยปุ๋ย Hyponex® ไม่ได้เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสีของ PLBs (Raynalta and Sukma, 2015) ดังนั้น การประเมินสีช่วยให้สามารถจำแนกระดับคุณภาพของ PLBs ได้อย่างชัดเจน

Table 2 Characteristics and color groups percentage of PLBs derived from five media culture treatments

Treatments	Color Groups (%)			
1	YELLOW-GREEN N144C (84%)	YELLOW-GREEN 150C (6%)	YELLOW-GREEN 146A (6%)	YELLOW-GREEN 144C (4%)
2	YELLOW-GREEN 150D (64%)	YELLOW-GREEN 153B (30%)	YELLOW-GREEN 151D (3%)	YELLOW-GREEN N144C (3%)
3	YELLOW-GREEN 146A (52%)	YELLOW-GREEN 146B (48%)		
4	YELLOW-GREEN 144B (96%)	YELLOW-GREEN 144A (4%)		
5	YELLOW-GREEN 154D (40%)	YELLOW-GREEN 145A (49%)	YELLOW-GREEN 143B (11%)	

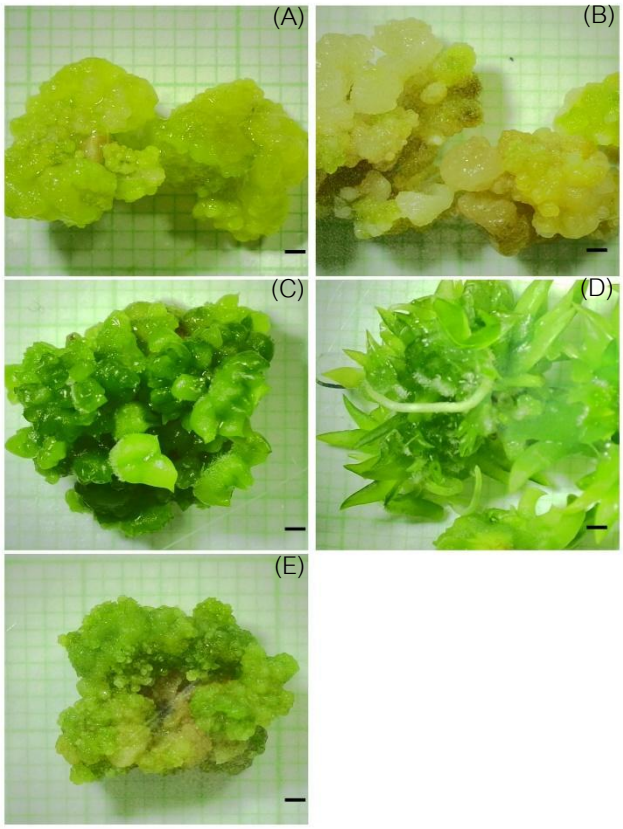


Fig. 2 PLBs derived from *P. pusilla* protocorms after culturing for 90 days on: VW medium (A); VW supplemented with coconut water 150 ml/L (B); ½ MS medium (C); ½ MS supplemented with Hyponex® 1 g/L (D); MS medium (E). Scale bar: 1 mm

สรุป

โปรโตคอร์มกล้วยไม้ *P. pusilla* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีที่ 4 (½ MS ที่เติมปุ๋ย Hyponex® 1 กรัมต่อลิตร) พบว่าสามารถพัฒนาเป็นกลุ่ม PLBs ที่จำนวน 30.09 PLBs และมีขนาดเฉลี่ย 15.38 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยของ PLBs ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสีของ PLBs เมื่อเทียบกับ RHS color chart ถูกจัดอยู่ในกลุ่มสีเขียวอ่อน YELLOW-GREEN GROUP 144B และ PLBs มีการพัฒนาเป็นยอดขนาดเล็กพร้อมที่จะพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่สมบูรณ์ได้

เอกสารอ้างอิง

Alam, M., Rashid, M., Hossain, M., Salam, M., Rouf, M. 2002. In vitro seed propagation of *Dendrobium transparens* as influenced by different media. Int. J. Biotechnol. 1: 1–8.

An, J., Kim, P.B., Park, H.B., et al. 2021. Effects of different growth media on in vitro seedling development of an endangered orchid species *Sedirea japonica*. Plants 10: 1193. doi.org/10.3390/plants10061193

Cardoso, J.C., Zanello, C.A., Chen, J.T. 2020. An overview of orchid protocorm-like bodies: Mass propagation, biotechnology, molecular aspects, and breeding. Int. J. Mol. Sci. 21: 985. doi.org/10.3390/ijms21030985

Feng, J.H., Chen, J.T. 2014. A novel in vitro protocol for inducing direct somatic embryogenesis in *Phalaenopsis aphrodite* without taking explants. Sci. World J. 2014: 263642. doi.org/10.1155/2014/263642

Guo, B., Chen, H., Yin, Y., Wang, W., Zeng, S. 2024. Tissue culture via protocorm-like bodies in orchid hybrids *Paphiopedilum* SCBG Huihuang90. Plants 13: 197. doi.org/10.3390/plants13020197

Hadley, G. 1982. Germination of British orchids. In: Arditti, J. (Ed.), Orchid biology: Reviews and perspectives III: 179–222.

Hwang, J.E., Park, H.B., Jeon, D.Y., Park, H.J., Kim, S., Lee, C.W., Kim, Y.-J., Yoon, Y.-J. 2024. Effect of different basal media and organic supplements on in vitro seedling development of the endangered orchid species *Dendrobium moniliforme*. Plants 13: 2721. doi.org/10.3390/plants13192721

Hwang, J.E., Park, H.B., Tho, J.H., Kim, M., Park, H.J., Kim, S., Lee, C.W., Kim, Y.J. 2025. Influence of basal medium and organic additives on in vitro germination and plant growth of endangered orchid *Gastrochilus fuscopunctatus*. Plants 14: 3133. doi.org/10.3390/plants14203133

Kunisaki, J.T., Kim, K.-K., Sagawa, Y. 1972. Shoot-tip culture of *Vanda*. Am. Orchid Soc. Bull. 41: 435–439.

Letham, D.S. 1974. Regulators of cell division in plant tissues: XX. The cytokinins of coconut milk. Physiol. Plant. 32: 66–70. doi.org/10.1111/j.1399-3054.1974.tb03737.x

Morel, G. 1974. Clonal multiplication of orchids. In: Withner, C.L. (Ed.), The orchids: Scientific studies: 161–172.

Murashige, T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473–497. doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Naing, A.H., Park, I., Hwang, Y., Chung, J., Lim, K.-B. 2010. In vitro micropropagation and conservation of *Rhynchostylis retusa*. Hortic. Environ. Biotechnol. 51: 271–276.

Pengaruh Komposisi Media dalam Perbanyakan Protocorm Like Bodies, Pertumbuhan Planlet, dan Aklimatisasi *Phalaenopsis amabilis*. 2015. J. Hortik. Indones. 4: 131–139. doi.org/10.29244/jhi.4.3.131-139

Shantz, E.M., Steward, F.C. 1955. The identification of compound A from coconut milk as 1,3-diphenylurea. J. Am. Chem. Soc. 77: 6351–6353. doi.org/10.1021/ja01628a043

Vacin, E.F., Went, F.W. 1949. Some pH changes in nutrient solutions. Bot. Gaz. 110: 605–613. doi.org/10.1086/335561

Vaz, A.P.A., Kerbauy, G.B. 2008. In vitro flowering studies in *Psygmorchis pusilla*. Floric. Ornam. Plant Biotechnol. 5: 427–432.

ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเศษเหลือทะลายปาล์มน้ำมันและเปลือกปูต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊ค

Effects of using organic fertilizer from wasted palm fruit bunch and crab shells on growth and yield of red oak lettuce

จรรตกร รอดอยู่[a,*], **อัญธิชา พรมเมืองคุก**[b], **รติวรรณ มีทอง**[a], **ปิยะภาคย์ ภูมิภมร**[c], **นพนนท์ ชะนะพาล**[c]
Juntakorn Rodyoo[a,*], Aunthicha Phommuangkhuk[b], Ratiwan Meethong[a], Piyapak Bhumibhamorn[c], noppanon Chanapal[c]

[a] สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน ศูนย์บริหารงานและสนับสนุนวิชาการ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระนอง 85120

[b] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[c] ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการภูมิภาคอันดามัน จังหวัดกระบี่ ศูนย์บริหารงานและสนับสนุนวิชาการ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กระบี่ 81160

[a] Andaman Coastal Research Station for Development, Academic Administration and Support Center Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Ranong 85120, Thailand

[b] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[c] Research and Academic Service Center for Andaman Region, Academic Administration and Support Center Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Karbi 81160, Thailand

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

บทคัดย่อ

ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเศษเหลือทะลายปาล์มน้ำมันและเปลือกปูต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊ค สูตรตำรับใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 1, 2, 3 กิโลกรัมต่อแปลง เปรียบเทียบกับ ปุ๋ยยูเรีย (46–0–0) ด้วยแผนการทดลองแบบสุ่มลงในบล็อกอย่างสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ตำรับทดลอง ผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 3 กิโลกรัมต่อแปลง ทำให้ความสูงของผักสลัด ที่อายุการเก็บเกี่ยว 35 วัน หลังเพาะเมล็ดมีความสูงมากที่สุดคือ 17.3 ±3.27 เซนติเมตร ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยยูเรีย มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ 11.0 ± 0.95 ใบต่อต้น ส่วนความยาวราก พบว่าผักสลัด ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ 3 กิโลกรัมต่อแปลง มีความยาวรากไม่แตกต่างกันกับแปลงที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย คือ 3.7 เซนติเมตร แต่แตกต่างจากชุดควบคุม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเศษเหลือทะลายปาล์มน้ำมันและเปลือกปู ในตำรับทดลองที่ 3 ที่มีส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 3 กิโลกรัม/แปลง ขนาด 1 x 2 ตารางเมตร ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีการเจริญเติบโตดีที่สุด

คำสำคัญ: ทะลายปาล์มน้ำมัน, ปุ๋ยอินทรีย์, เปลือกปู, ผักสลัดเรดโอ๊ค, วัสดุเศษเหลือใช้ทางการเกษตร

Abstract

The experiment compared varying application rates of organic fertilizer specifically 1, 2, and 3 kg per plot against Urea fertilizer (46–0–0), utilizing a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 5 treatments and 3 replications. The results indicated that applying 3 kg of organic fertilizer per plot produced the maximum plant height of 17.3±3.27 cm at 35 days after sowing. The Urea treatment yielded the highest average number of leaves at 11.0±0.95 leaves per plant. Regarding root length, plants treated with 3 kg of organic fertilizer per plot exhibited a root length of 3.7 cm, which was not significantly different from the Urea treatment but differed significantly from the control group. Consequently, Treatment 3, utilizing 3 kg of organic fertilizer (derived from oil palm empty fruit bunches and crab shells) per 1 x 2 m^2 plot, was found to promote the best growth performance for red oak lettuce.

Keywords: Agricultural waste materials, Crab shell, Empty palm fruit bunch, Organic fertilizers, Red Oak Lettuce

คำนำ

การประกอบอาชีพทางการเกษตรของเกษตรกรในปัจจุบันมีต้นทุนการผลิตไม่เหมาะสมกับราคาผลผลิตที่จำหน่ายได้ เกษตรกรประสบกับปัญหาภาวะการขาดทุน เนื่องจากต้นทุนการผลิตที่สูง จากสารเคมี เมล็ดพันธุ์ ที่สำคัญต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก ซึ่งปุ๋ยเคมี มีราคาสูงขึ้นในทุกปี เพื่อลดปัจจัยต้นทุนการผลิตจึงคิดหาวิธีการที่จะใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทน อีกทั้งการประกอบอาชีพทางการเกษตรของเกษตรกรไทยไม่ว่าทางด้านพืช ปศุสัตว์หรือประมงล้วนแล้วแต่มีเศษเหลือใช้จากการประกอบอาชีพทั้งสิ้น เช่น เศษเหลือจากการทำสวนปาล์มน้ำมันเมื่อเก็บผลผลิตเข้าโรงงานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน จะมีทะลายเปล่า (empty fruit bunch : EFB) กากสลัดจ์ (decanter cake) เหลือจากการหีบน้ำมันจากเนื้อปาล์ม กากสลัดจ์มีส่วนประกอบของไนโตรเจนใช้ผสมกับทะลายเปล่าเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้ เศษเหลือทางการประมง เช่น เปลือกปู ซึ่งมีส่วนประกอบของธาตุอาหารพวกแคลเซียมและไคติน 20–30% (Ngasotter et al., 2022) เปลือกปู สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุในการทำปุ๋ยอินทรีย์ได้ดี นอกจากนี้ในเปลือกปูมีโครงสร้างของไคตินและไคโตซานที่ประกอบไปด้วยไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ช่วยให้พืชดึงดูดแร่ธาตุอื่นไปใช้และยังช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืช ไคตินและไคโตซานยังสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศและดิน จึงสามารถนำไปใช้ทำเป็นปุ๋ยชีวภาพได้ (นวลใจ และคณะ, 2555) เป็นอาหารเสริมให้แก่พืช ซึ่งวัสดุเศษเหลือ เหล่านี้ จัดเป็นขยะอินทรีย์ หากไม่มีการนำมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ จัดว่าเป็นของเสียที่สามารถทำลายธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทางคณะผู้วิจัยจึงคิดนำเศษเหลือเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาเข้าสูตรผสม ผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร และนำมาทดลองใช้จริงกับการผลิตผัก เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี สูตรตำรับที่ใช้มีส่วนผสม คือ ทะลายปาล์มเปล่า : กากสลัดจ์หมัก : กากสลัดจ์สด : เปลือกปูป่น อัตราส่วน 5 : 2 : 2 : 1 โดยปริมาตร มีสมบัติทางเคมี ดังนี้ คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.12 ค่าการนำไฟฟ้า 3.76 dS/m ความชื้น 17.41 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุ 23.77 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 13.82 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 11:1 ปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด 3.36 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด 1.18 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมทั้งหมด 2.32 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมทั้งหมด 0.08 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมทั้งหมด 2.07 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมทั้งหมด 0.62 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณโลหะหนักไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (วิเคราะห์ตัวอย่าง ณ ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์) ที่มีคุณภาพและปลอดภัยตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่ประกาศไว้โดยกรมวิชาการเกษตร 2557) และมีผลทดสอบการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ด้วยการวัดค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช พบว่า มีค่ามากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้โดยไม่มีความเป็นพิษต่อพืช การประมาณการต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่กำลังการผลิต 1,000 กิโลกรัมต่อวัน มีมูลค่าต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 2.11 บาทต่อกิโลกรัม (จรรตกรและคณะ, 2568)

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการหมักด้วยตำรับผสม คือ ทะลายปาล์มเปล่า : กากสลัดจ์หมัก : กากสลัดจ์สด : เปลือกปูป่น อัตราส่วน 5 : 2 : 2 : 1 โดยปริมาตร เพาะเมล็ดผักสลัดในถาดเพาะโดยใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุเพาะ

ศึกษาคุณลักษณะของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊ค (*Lactuca sativa* var. *crispa* L.) ด้วยแผนการทดลองแบบสุ่มลงในบล็อกอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) 5 สิ่งทดลอง (Treatment) แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำ (replication) แต่ละแปลงมีพื้นที่ 1 x 2 ตารางเมตร ปลูกผักสลัดเรดโอ๊ค จำนวน 45 ต้น/แปลง โดยมีการจัดการตำรับทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 1 กิโลกรัม/แปลง

สิ่งทดลองที่ 2 ปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 2 กิโลกรัม/แปลง
สิ่งทดลองที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 3 กิโลกรัม/แปลง
สิ่งทดลองที่ 4 ปุ๋ยยูเรีย (46–0–0) จำนวน 0.2 กิโลกรัม/แปลง
สิ่งทดลองที่ 5 แปลงควบคุม (control) ไม่ใช้ปุ๋ย

วิธีการ เตรียมแปลงทดลอง ขนาดพื้นที่ 1 x 2 ตารางเมตร จำนวน 15 แปลง นำปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณตามชุดการทดลองโรยบนแปลงผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินบน เตรียมดินเพาะกล้าโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ดิน และขุยมะพร้าว อัตรา 1:2:1 คลุกเคล้าให้เข้ากัน ใส่ในถาดเพาะ นำเมล็ดพันธุ์ผักสลัดเรดโอ๊ค เพาะในถาดหลุมที่เตรียมไว้ เมื่อต้นกล้าอายุ 7 วัน ย้ายลงปลูกในแปลงทดลอง ระยะปลูก ระหว่างต้นระหว่างแถว 10 เซนติเมตร

การเก็บข้อมูล การศึกษาถึงการเติบโตทางด้านความสูงและชั่งน้ำหนักที่อายุการเก็บเกี่ยว 35 วัน หลังเพาะเมล็ด เก็บข้อมูลทั้งหมด 675 ต้น คือ ตำรับละ 135 ต้น ซ้ำละ 225 ต้นโดย การเก็บตัวอย่างวัดการเจริญเติบโตของผักสลัดโดยวัดความสูงของทรงพุ่ม วัดจากระดับพื้นผิวของดินถึงส่วนที่สูงสุดของต้น จำนวนใบ โดยนับใบที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 เซนติเมตร ความยาวรากวัดจากส่วนที่ติดลำต้นใต้ดินถึงปลายรากแก้ว ชั่งน้ำหนักต้น ใบ ราก แยกเป็นส่วน ด้วยเครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการใช้ปุ๋ยและปริมาณต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักสลัดเรดโอ๊ค โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีสมบัติ ดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.12 ค่าการนำไฟฟ้า 3.76 dS/m ความชื้น 17.41 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุ 23.77 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 13.82 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 11:1 ปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด 3.36 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด 1.18 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 2.32 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมทั้งหมด 0.08 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมทั้งหมด 2.07 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมทั้งหมด 0.62 เปอร์เซ็นต์ (วิเคราะห์ตัวอย่าง ณ ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

จากการทดลองผสมปุ๋ยอินทรีย์ ลงในวัสดุปลูกในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน คือ ตำรับทดลองที่ 1 ปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณ 1 กิโลกรัม/แปลง ตำรับทดลองที่ 2 ปุ๋ยอินทรีย์ ปริมาณ 2 กิโลกรัม/แปลง ตำรับทดลองที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์ ปริมาณ 3 กิโลกรัม/แปลง ตำรับทดลองที่ 4 ปุ๋ยยูเรีย (46–0–0) ปริมาณ 0.2 กิโลกรัม/แปลง ตำรับทดลองที่ 5 แปลงควบคุม (control) ไม่ใช้ปุ๋ย ซึ่งแต่ละแปลงมีพื้นที่ 1 x 2 ตารางเมตร พบว่า การเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊ค ทางด้านความสูงทรงพุ่ม ที่อายุการเก็บเกี่ยว 35 วัน หลังเพาะเมล็ด ตำรับทดลองที่ 3 ทำให้ต้นผักสลัดเรดโอ๊ค มีความสูงมากที่สุดคือ 17.3±3.27 เซนติเมตร รองลงมา ตำรับทดลองที่ 4, 2, 1 และ 5 มีค่าความสูงคือ 14.9±6.04, 13.8±4.60, 9.1±2.74 และ 6.9±2.39 เซนติเมตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1) จำนวนใบ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 35 วัน หลังเพาะเมล็ด พบว่าตำรับทดลองที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนใบมากที่สุดคือ 11.0±0.95 ใบต่อต้น รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ 3, 2, 5 และ 1 มีค่า 10.3±1.55, 7.2±1.31, 6.5±1.53 และ 6.1±1.04 ใบต่อต้น ตามลำดับ ทั้งนี้ตำรับทดลองที่ 4 มีส่วนผสมของปุ๋ยเคมี สูตร 46–0–0 เป็นส่วนประกอบ จึงทำให้มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงกว่า ช่วยส่งเสริมในการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินโดยเฉพาะส่วนของใบอ่อนและยอด เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ 3 ที่มีส่วนประกอบของตำรับทดลองที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เกศศิรินทร์และคณะ (2556) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (N 3.28% : P2O5 1.61% : K2O 3.10%) ทำให้ความสูงและปริมาณผลผลิต

ของส่วนเหนือดินของต้นคะน้า ได้แก่ ใบและลำต้น มีค่ามากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 25–7–7 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียวในทั้ง 2 ปี ที่ทำการปลูก

ความยาวราก พบว่าต้นผักสลัดเรดโอ๊ค ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ ตำรับทดลองที่ 3 และ 4 มีความยาวรากไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) คือ 3.7 เซนติเมตร แต่มีความยาวรากแตกต่างกับตำรับทดลองที่ 2,1 และ 5 ซึ่งมีค่า 3.5±0.79, 3.2±0.61 และ 2.8±0.67 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1) การศึกษาชี้ให้เห็นว่า การผสมปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 3 กิโลกรัมต่อแปลงขนาดพื้นที่ 1 x 2 ตารางเมตร มีปริมาณธาตุอาหารมากพอ เหมาะกับการปลูกผักสลัดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักเหมาะแก่การปลูกพืชรับประทานใบ

Table 1 Average stem height, root length, and number of leaves of red oak salad seedlings. at harvest age 35 days after sowing the seeds

Treatment	Stem height (cm)	Number of leaves (leaves/plant)	Root length (cm)
Treatment 1	9.1±2.74^{d}	6.1±1.04^{d}	3.2±0.61^{b}
Treatment 2	13.8±4.60^{c}	7.2±1.31^{c}	3.5±0.79^{b}
Treatment 3	17.3±3.27^{a}	10.3±1.55^{b}	3.7±0.59^{a}
Treatment 4	14.9±6.04^{b}	11.0±0.95^{a}	3.7±0.80^{a}
Treatment 5	6.9±2.39^{e}	6.5±1.53^{d}	2.8±0.67^{c}
F-test	*	*	*
C.V. (%)	31.7	25.3	10.9

Mean±standard deviation that are followed by different letters vertically are statistically different. Using the DMRT method; *Statistically different ($p \leq 0.05$) at the 95% confidence level.

ปริมาณและคุณภาพของผลผลิต

ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ที่ต่างกัน ทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบและรากมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 2) น้ำหนักสดลำต้นผักสลัดเรดโอ๊ค (Fig. 1F) ที่ได้รับตำรับทดลองที่ 4 มีน้ำหนักสดของลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด มีค่า 15.7±5.42 กรัม รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ 3, 2,1 และ 5 มีค่าเฉลี่ย 8.6±2.45, 3.6±1.48, 1.6 ±0.8 และ 1.3±0.87 กรัม ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) น้ำหนักใบสดเฉลี่ย ตำรับทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 16.9±4.05 กรัม รองลงมาตำรับทดลองที่ 4, 2, 1 และ 5 มีค่าเฉลี่ย 16.2±5.74, 7.3±2.25, 4.6± 1.07 และ 3.9±1.77 กรัม ตามลำดับ (Fig. 4H) ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ น้ำหนักรากสด ตำรับทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 1.1±0.35 กรัม รองลงมาตำรับทดลองที่ 4, 2, 1 และ 5 มีค่าเฉลี่ย 1.0±0.37, 0.8±0.99, 0.5±0.16 และ 0.3±0.19 กรัม ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จะเห็นได้ว่าตำรับทดลองที่ 4 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เนื่องจากตำรับทดลองที่ 4 เป็นปุ๋ยเคมี มีค่าไนโตรเจนมากที่สุด ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญมากสำหรับผักกินใบ จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและมีผลต่อคุณภาพของผักเป็นอย่างมาก (ยงยุทธ และคณะ, 2554) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ 3 ที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด ลำต้น ใบ ราก ต่างกันเล็กน้อยเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิต การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะมีราคาถูกกว่า ลักษณะทางกายภาพมองด้วยตาเปล่า ต้นผักสลัดเรดโอ๊ค ตำรับทดลองที่ 3 และ 4 มีลักษณะอวบอ้วนน่ารับประทาน ใบไม่แข็งกระด้าง แต่ใบในตำรับทดลองที่ 3 มีสีเข้มมากกว่า (Fig.1H) เนื่องจาก

ตำรับทดลองที่ 3 มีธาตุโพแทสเซียมเป็นส่วนประกอบ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อ “การลำเลียงสารสังเคราะห์แสง (photosynthates) และน้ำตาล” ผ่านระบบท่อลำเลียง (phloem translocation) โดยเกี่ยวข้องกับกลไกด้านเอนไซม์และพลังงานที่สนับสนุนการเคลื่อนย้ายซูโครสและการจัดสรรคาร์บอนจากแหล่งสร้าง (source) ไปยังอวัยวะสะสม (sink) เมื่อพืชได้รับโพแทสเซียมเพียงพอ จึงมีแนวโน้มเกิดการสะสมระดับน้ำตาลในใบสูงขึ้น ซึ่งน้ำตาลทำหน้าที่เป็นทั้งสารตั้งต้นและสัญญาณกระตุ้นในเส้นทางชีวสังเคราะห์ของสารทุติยภูมิหลายชนิดรวมถึงแอนโธไซยานิน (Ibrahim et al., 2012) ส่วนชุดควบคุม คือ ตำรับทดลองที่ 5 ต้นผักมีลักษณะแคระแกร็น ใบล่างซีด แสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจน (Fig. 4E) สอดคล้องกับ (ยงยุทธ, 2552) เมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าระดับปกติย่อมมีการเจริญเติบโตน้อยลง อาการขาดธาตุปรากฏชัดเจนที่ใบแก่เนื่องจากไนโตรเจนเคลื่อนย้ายจากใบเหล่านั้นไปเลี้ยงเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนาทำให้ใบแก่ร่วงหล่นเร็ว นอกจากนี้ยังแสดงอาการปลายใบไหม้ (Tipburn) จากการขาดธาตุแคลเซียม เป็นความผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการขาดแคลเซียม (Calcium-associated disorder) ซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยของ Bangerth (1979) โดยเกิดจากการเคลื่อนย้ายของแคลเซียมที่ไม่เพียงพอไปยังเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้อัตราการเติบโตสูงกว่าการเคลื่อนที่ของแคลเซียม จนเกิดเนื้อเยื่อตาย (Necrosis) ที่ขอบใบ

น้ำหนักแห้งลำต้นเฉลี่ย ตำรับทดลองที่ 4 และ 3 มีค่ามากที่สุดใกล้เคียงกัน คือ 0.43±0.19, 0.44±0.31 กรัม รองลงมาตำรับทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 0.17±0.08 กรัม และสิ่งทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 0.08±0.03 และ 0.08±0.04 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักแห้งใบเฉลี่ย ตำรับทดลองที่ 3 และ 4 มีค่ามากที่สุดใกล้เคียงกัน คือ 1.13±0.41 และ 1.09±0.32 กรัม รองลงมาตำรับทดลองที่ 2, 1 และ 5 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 0.41±0.20, 0.51±0.15 และ 0.43±0.24 กรัม น้ำหนักแห้งรากเฉลี่ย ตำรับทดลองที่ 3 และ 4 มีค่ามากที่สุดคือ 0.06±0.02 และ 0.07±0.03 กรัม รองลงมาตำรับทดลองที่ 2, 1 และ 5 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 0.02±0.01, 0.03±0.02 และ 0.03±0.01 ตามลำดับ (Table 2) เนื่องจากแต่ละตำรับทดลองได้รับปริมาณปุ๋ยต่างกัน ตำรับที่มีปริมาณธาตุอาหารเหมาะสมทั้งปริมาณและสัดส่วนธาตุอาหารย่อมมีผลต่อน้ำหนัก สด-แห้ง ของส่วนเหนือดินและใต้ดิน เพราะเจริญเติบโตได้ดีแตกต่างกัน

Table 2 Average root length fresh weight and dry weight of stems, leaves, and roots of salad red oak lettuce with a harvest at 35 days after sowing

Treatment	Fresh weight (grams)			Dry weight (grams)		
	Stem	leaves	Root	Stem	leaves	Root
1	1.6±0.8^{d}	4.6±1.07^{d}	0.5±0.16^{d}	0.08±0.03^{d}	0.41±0.20^{b}	0.02±0.01^{b}
2	3.6±1.48^{c}	7.3±2.25^{c}	0.8±0.99^{c}	0.17±0.08^{c}	0.51±0.15^{b}	0.03±0.02^{b}
3	8.6±2.45^{b}	16.9±4.05^{a}	1.1±0.35^{a}	0.43±0.19^{a}	1.0 ±0.32^{a}	0.06±0.02^{a}
4	15.7±5.42^{a}	16.2±25.74^{b}	1.0±0.37^{b}	0.44±0.31^{a}	1.13±0.41^{a}	0.07±0.03^{a}
5	1.3±0.87^{e}	3.9±1.77^{e}	0.3±0.19^{e}	0.08±0.04^{d}	0.43±0.24^{b}	0.03±0.01^{b}
F-(test)	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	90.8%	59.8%	43.4%	73.0%	46.6%	45.6%

Mean ± standard deviation Those followed by different letters in the vertical direction were statistically different using the DMRT method; *Statistically different ($p \leq 0.05$) at the 95% confidence level.

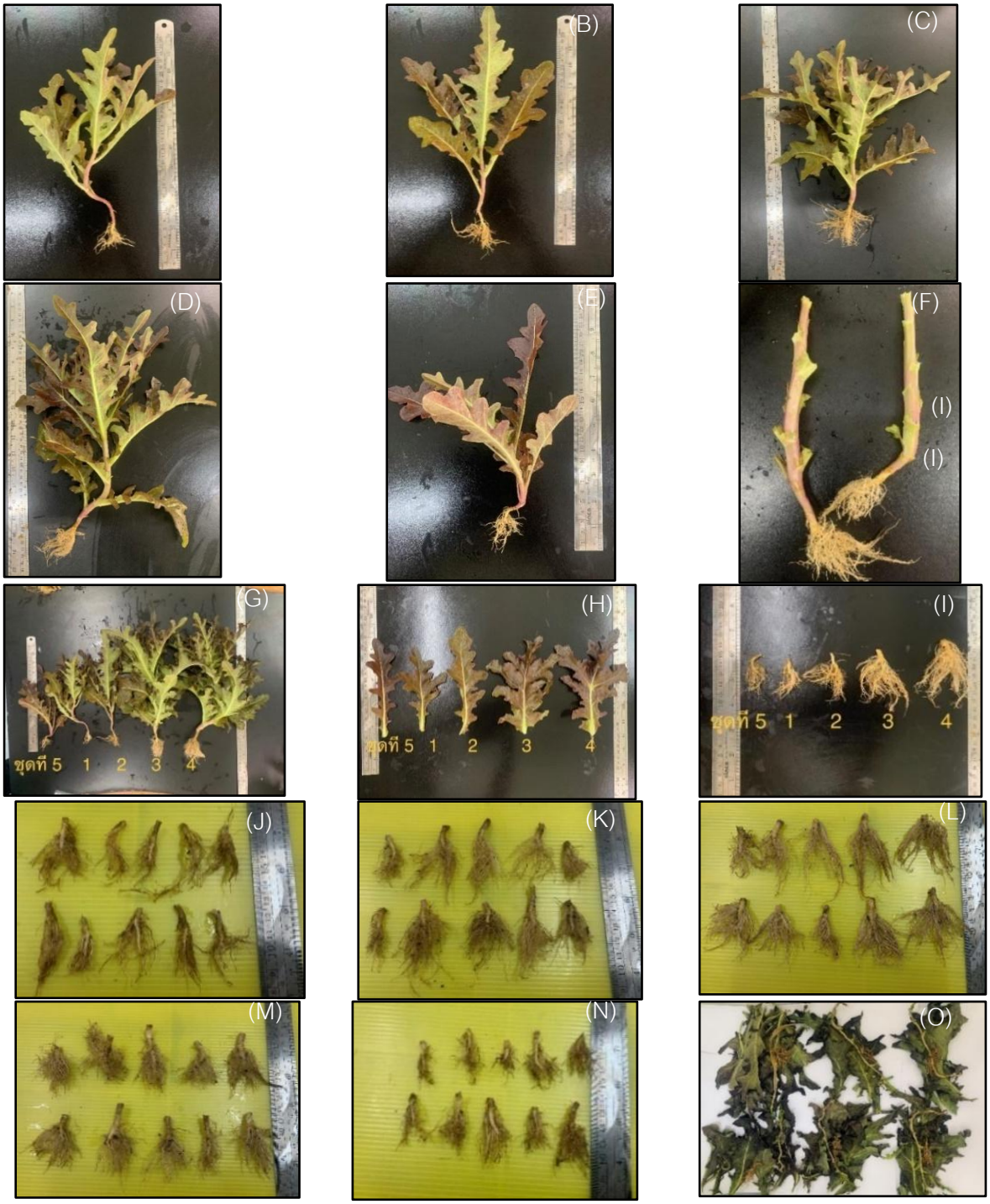


Fig. 1 Shows the different parts of salad vegetables according to experimental set 1, 2, 3, 4, 5 before and after Drying: Treatment 1 (A); Treatment 2 (B); Treatment 3 (C); Treatment 4 (D); Treatment 5 (E); Stem (F); lettuce tree (G); fresh salad leaves (H); Fresh salad roots (I); Fresh salad roots treatment Set 1 (J); Fresh salad roots treatment Set 2 (K); Fresh salad roots treatment Set 3 (L); Fresh salad roots treatment Set 4 (M); Fresh salad roots treatment Set 5 (N); Dried Salad (O)

จากการทดลอง ผลของการใช้ปุ๋ยและปริมาณต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตผักสลัดเรดโอ๊ค พบว่าปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ต่างกัน จะทำให้การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊ค ต่างกัน จะแปรผันตามระดับ

ไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Farag et al. (2013) พบว่าการเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักสลัด ทั้งพันธุ์ Iceberg และ Romaine ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยส่งผลให้ความสูงของต้น จำนวนใบ และปริมาณผลผลิตโดยรวมมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการพัฒนาทางกายภาพของผักกินใบ ยังพบได้ในพืชชนิดอื่น ยกตัวอย่าง ได้แก่ ผักโขม (Ainika, 2012) ผักเสี้ยน (Ngetich et al., 2012) และคะน้า (Amkha et al., 2006) เป็นต้น ซึ่งไนโตรเจนถือเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญมาก สำหรับผักกินใบ โดยนอกจากจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตแล้วยังมีผลต่อคุณภาพของผักเป็นอย่างมาก (ยงยุทธ และคณะ, 2554)

สรุป

ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักสลัดเรดโอ๊ค พบว่า ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ต่างกันจะทำให้การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊คต่างกัน ตำรับทดลองที่ 3 ที่มีส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 3 กิโลกรัม/แปลง ขนาด 1 x 2 ตารางเมตร ทำให้การเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊ค ทางด้านความสูงลำต้น ที่อายุการเก็บเกี่ยว 35 วัน หลังเพาะเมล็ด มีความสูงมากที่สุดคือ 17.3±3.27 เซนติเมตร ($p < 0.05$) ตำรับทดลองที่ 4 มีจำนวนค่าเฉลี่ยใบมากที่สุด 11.0±0.95 ใบต่อต้น ($p < 0.05$) ความยาวราก พบว่าต้นผักสลัดเรดโอ๊ค ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ สิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีความยาวรากไม่แตกต่างกัน คือ 3.7 เซนติเมตร แต่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p < 0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากคณะประมง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้รวมถึงคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามันที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้และอำนวยความสะดวกในการทำการวิจัยและขอขอบคุณบริษัท ยูนิวานิชน้ำมันปาล์ม จำกัด(มหาชน) สาขาคุระบุรีที่สนับสนุนของเหลือใช้จากโรงงานน้ำมันปาล์มและให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับของเหลือใช้จากโรงงานในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกศศิรินทร์ แสงมณี, ชัยนาม ดิสถาพร, นพมณี สุวรรณัง. 2556. การจัดการดินด้วยเทคโนโลยีชีวภาพและ ถ่านชีวภาพในการผลิตผักคะน้า. ในการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 3. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น, หน้า 276–283.

นวลใจ โคตรแสง กชพรรณ วงค์เจริญ และ คมสัน นามตะคุ. 2555. การประยุกต์ใช้ประโยชน์ไคตินและไคโตซานในด้านการเกษตร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 529

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถดิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, ชวลิต ฮงประยูร. 2554. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตรกำแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, หน้า 519

Ainika, L.N., Amans, W.B., Olonitola, C.O., Okutu, P.C., Dodo, E.Y. 2012. Effect of organic and inorganic fertilizer on growth and yield of *Amaranthus caudatus* L. in northern Guinea savanna of Nigeria. World J. Environ. Pollut. Sci. 2: 26–30.

Amkha, S., Michiko, T., Sagwansupyakorn, C., Sukprakan, S., Kazuyuki, I. 2006. Effect of amount of nitrogen fertilizer on early growth of leafy vegetables in Thailand. Jpn. J. Trop. Agric. 50: 127–132.

Farag, A.A.A., Abdrabbo, M.A.A., AbdElmoniem, E.M. 2013. Using different nitrogen and compost levels on lettuce grown in coconut fiber. J. Hortic. For. 5: 21–28.

Ibrahim, M.H., Jaafar, H.Z.E., Rahmat, A., Rahman, Z.A. 2012. Primary, secondary metabolites, photosynthetic capacity and antioxidant activity of the Malaysian herb *Labisia pumila* under different potassium fertilization. Int. J. Mol. Sci. 13: 15321–15342. doi.org/10.3390/ijms131115321

Ngetich, O.K., Aguyoh, J.N., Ogweno, J.O. 2012. Effects of composted farmyard manure on growth and yield of spider plant (*Cleome gynandra*). Int. J. Sci. Nat. 3: 514–520.

Ngasotter, S., Panda, S.P., Mohanty, U., Akter, S., Mukherjee, S., Waikhom, D., Devi, L.S. 2020. Current scenario of fisheries and aquaculture in India with special reference to Odisha: A review on its status, issues and prospects for sustainable development. Int. J. Bio-resour. Stress Manag. 11: 370–380. doi.org/10.23910/1.2020.2126a

การทดสอบสายพันธุ์ลูกผสมกลับที่ได้จากการผสมระหว่าง ขาวดอกมะลิ 105 และ กข61 เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ให้มีอายุวันออกดอกเร็ว มีกลิ่นหอม และความนุ่ม

Evaluation of backcross-derived lines from the cross between khao dawkmali 105 and RD61 for early flowering, aroma, and grain softness

จิรัชญาน์ คงสุวรรณ, ธานี ศรีวงศ์ชัย, วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร*

Jiratchaya Kongsuwan, Tanee Sreewongchai, Weerachai Matthayatthaworn*

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

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

บทคัดย่อ

การปรับปรุงพันธุ์โดยการรวมข้อดีด้านคุณภาพเมล็ดของพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และด้านอายุวันเก็บเกี่ยวเร็วของพันธุ์ กข61 เป็นทางเลือกหนึ่งในการสร้างพันธุ์ใหม่ให้มีคุณลักษณะโดดเด่น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสายพันธุ์ลูกผสมกลับที่ได้จากคู่ผสมระหว่าง ขาวดอกมะลิ 105 และ กข61 เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีอายุวันออกดอกเร็ว คุณภาพเมล็ดหอม และมีความนุ่ม ใช้วิธีผสมกลับประยุกต์ โดยผสมกลับ 2 ครั้ง และคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ สร้างประชากรรุ่น BC_2F_1 และ BC_2F_2 นำมาประเมินลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และคุณภาพหุงต้ม ผลการทดลองพบว่าสายพันธุ์ BC_2F_2 ทั้งหมด สามารถออกดอกได้ภายใต้สภาพวันยาว ในขณะที่พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่ออกดอก โดยมี 9 สายพันธุ์ที่มีอายุวันดอกบานไม่แตกต่างจากพันธุ์ กข61 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงศักยภาพเป็นข้าวอายุเบา ลักษณะทางการเกษตรและผลผลิตส่วนใหญ่ไม่แตกต่างจากพันธุ์ กข61 การประเมินคุณภาพเมล็ดพบว่า สายพันธุ์ KD/RD61*2–72–11 และ KD/RD61*2–72–22 มีกลิ่นหอมและความนุ่มใกล้เคียงกับขาวดอกมะลิ 105 จึงเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการพัฒนาเป็นพันธุ์ใหม่

คำสำคัญ: การผสมกลับ, ความนุ่มของเมล็ด, ความหอม, ออกดอกเร็ว

Abstract

Breeding by combining the superior grain quality of Khao Dawk Mali 105 with the early maturity trait of RD61 provides a promising approach for developing new rice varieties with outstanding characteristics. This study aimed to evaluate backcross-derived lines from the cross between Khao Dawk Mali 105 (KDML105) and RD61 to identify lines exhibiting early flowering, aromatic fragrance, and soft grain texture. A modified backcross breeding scheme with two rounds of backcrossing and pedigree selection generated BC_2F_1 and BC_2F_2 populations. Agronomic traits, yield components, and grain quality were evaluated under long-day conditions. All BC_2F_2 lines were able to flower, whereas KDML105 failed to initiate flowering. However, nine BC_2F_2 lines showed days to 50% flowering comparable to RD61, indicating their potential as short-duration rice. Other agronomic traits and grain yield did not significantly differ from RD61. Aroma and texture tests identified two lines, KD/RD61*2–72–11 and KD/RD61*2–72–22, as possessing both fragrance and softness desirable for premium rice quality. These lines demonstrate strong potential for further development as improved rice varieties.

Keywords: Aromatic, Early flowering, Modified backcross, Soft grain texture

คำนำ

อายุวันออกดอกเป็นหนึ่งในลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ เนื่องจากการออกดอกเร็วช่วยให้การพัฒนาของเมล็ดเกิดขึ้นภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสม ส่งผลให้ได้ผลผลิตสูงสุด (Wu et al., 2020) และได้มีการระบุยีนหลายชนิดที่ควบคุมอายุวันออกดอกในข้าวไว้ (Yano et al., 2000; Tamaki et al., 2007; Matsubara et al., 2008; Nonoue et al., 2008; Takahashi et al., 2009; Matsubara et al., 2011; Taoka et al., 2011; Nemoto et al., 2016; Hori et al., 2016; Song et al., 2017; Du et al., 2017; Zhu et al., 2018) เช่น ยีน Heading date 1 (Hd1) เป็นโปรตีนชนิด zinc-finger และเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่กำหนดอายุวันออกดอก (Yano et al., 2000) กรมการข้าวได้พัฒนาข้าวพันธุ์ กข61 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสงอายุสั้น 87 วัน ฤดูนาปี และ 96 วัน ฤดูนาปรัง มีลักษณะทรงกอตั้ง ความสูงประมาณ 80 เซนติเมตร ลำต้นค่อนข้างแข็ง ข้าวเมื่อหุงสุก มีลักษณะสีขาวนวล ค่อนข้างร่วน แข็ง มีลักษณะเด่นคือ ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว ให้ผลผลิตสูง คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี เป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียว ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดีมาก สามารถผลิตข้าวสาร 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 1 ได้ ในส่วนของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีของประเทศไทย มีลักษณะเมล็ดทางกายภาพดี คือมีลักษณะเมล็ดเรียวยาว ขาวใส เมื่อหุงสุกจะมีกลิ่นหอมและเนื้อสัมผัสนุ่ม ข้อจำกัดด้านศักยภาพของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้แก่ ศักยภาพการให้ผลผลิตต่ำ ต้นสูงหักล้มง่าย อ่อนแอต่อโรคใบไหม เป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod sensitive variety) และออกดอกในช่วงที่ความยาวของกลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมง ซึ่งประเทศไทยประมาณเดือนตุลาคม ข้าวในกลุ่มนี้จะต้องปลูกแบบข้าวนาปี หรือข้าวนาน้ำฝน (rainfed rice) แล้วจะออกดอกในช่วงประมาณเดือนพฤศจิกายนของทุกปี เนื่องจากช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่เริ่มเข้าสู่วันสั้น ดังนั้นการรวมข้อเด่นของข้าวพันธุ์ กข61 ซึ่งมีลักษณะด้านทางการเกษตรที่ดี และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีคุณภาพด้านเมล็ดที่ดี จึงเป็นการพัฒนาพันธุ์ข้าวใหม่ให้โดดเด่น โดยการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีผสมกลับร่วมกับการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ ในการคัดเลือกสายพันธุ์ใหม่ให้มีลักษณะความหอมซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนด้อย (badh) และมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 8 (Bradbury et al., 2005; Wanchana et al., 2005) และในส่วนของปริมาณอมิโลส (amylose content: AC) ต่ำ มีปริมาณอมิโลส 10–19 % ทำให้ข้าวสุกมีลักษณะเหนียวนุ่ม (Kumar and Khush, 1986) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาพันธุ์ข้าวให้ได้พันธุ์ที่ดี ต้องมีการปลูกทดสอบลักษณะต่าง ๆ ของสายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้น ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสายพันธุ์ลูกผสมกลับที่พัฒนาขึ้นของคู่ผสมระหว่าง ขาวดอกมะลิ 105 และ กข61 ซึ่งเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ให้มีอายุวันออกดอกเร็วใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ กข61 มีกลิ่นหอมและความนุ่มใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้เป็นการนำเมล็ดสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ของคู่ผสม ขาวดอกมะลิ 105 x กข61 มาปลูกและคัดเลือกลักษณะต่าง ๆ ในการสร้างสายพันธุ์นั้นได้ใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบผสมกลับ โดยใช้ข้าวพันธุ์ กข 61 (RD61) เป็นพันธุ์รับ (recurrent parent) และใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) เป็นพันธุ์ให้ (donor parent) ผสมกลับจำนวน 2 ครั้ง

การปลูกสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 คัดเลือกแล้วสร้างเป็นสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_2

นำเมล็ดสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ปลูกในกระถางขนาด 8 นิ้ว จำนวน 7 สายพันธุ์ โดยปลูกสายพันธุ์ละ 15 ต้น (1 ต้น/กระถาง) และวางไว้ในโรงเรือนทดลอง โดยปลูกพร้อมพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์ให้) และ กข61 (พันธุ์รับ) คัดเลือกต้นที่ลักษณะทรงต้นและอายุวันดอกบานใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์รับ กข61 จากนั้นผสมตัวเองเพื่อสร้างเป็นสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_2

การปลูกสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_2 ทดสอบลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต

นำเมล็ดสายพันธุ์ลูกชั่วที่ BC_2F_2 มาปลูกในแปลงนาทดลอง จังหวัดสิงห์บุรี (14.9088720, 100.2372451) วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 2 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำจะปลูกจำนวน 35 ต้น เตรียมต้นกล้าอายุ 30 วัน ปลูกแบบปักดำ ระยะ 20 x 20 เซนติเมตร ขนาดแปลงย่อย 1 x 1.5 เมตร หรือ 5 x 7 ต้น บันทึกลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต ได้แก่ อายุวันดอกบาน 50 % ความสูงต้น ความยาวใบธง ความยาวรวง จำนวนหน่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง อัตราการติดเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดต่อต้น

การทดสอบคุณภาพหุงต้ม

การทดสอบความหอมของเมล็ดข้าว ดัดแปลงตามวิธีการของ IRRI (1971) โดยสุ่มเมล็ดข้าวกล้องจำนวน 5 เมล็ด ทำ 2 ซ้ำ ใส่เมล็ดในหลอดขนาด 1.5 มล. เติมน้ำ RO แล้วต้มในน้ำ 75 °C นาน 7 นาที จากนั้นเปิดหลอดดมกลิ่นข้าวเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน

การทดสอบความนุ่มของเมล็ดข้าว ดัดแปลงจากวิธีการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดของโรงสี โดยสุ่มเมล็ดข้าวสารจำนวน 5 เมล็ด ทำ 2 ซ้ำ ใส่ในหลอดทดลองขนาด 20 มล. เติมน้ำ RO แล้วต้มในน้ำ 95 °C นาน 15 นาที จากนั้น ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 นาที แล้วนำเมล็ดข้าววางบนกระจก แล้วกดทับด้วยกระจกอีกแผ่น ตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของเมล็ดข้าวสุกเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การปลูกสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 คัดเลือกแล้วสร้างเป็นสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_2

จากการปลูกทดสอบสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ในโรงเรือนทดลอง จำนวน 7 สายพันธุ์ ที่ได้จากการผสมกลับในแต่ละสายพันธุ์ของลูกผสมกลับ BC_1F_1 ได้แก่ KD/RD61*2–5 KD/RD61*2–6 KD/RD61*2–19 KD/RD61*2–30 KD/RD61*2–57 KD/RD61*2–72 และ KD/RD61*2–95 โดยปลูกสายพันธุ์ละ 15 ต้น คัดเลือกต้นที่มีอายุวันดอกบาน 50% และมีลักษณะรูปทรงต้นใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์รับ กข61 ได้จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ KD/RD61*2–5 KD/RD61*2–19 KD/RD61*2–72 และ KD/RD61*2–95 ซึ่งในแต่ละสายพันธุ์สามารถคัดเลือกได้ 1 3 9 และ 3 ต้น ตามลำดับ และมีอายุวันดอกบาน 50% แสดงดัง Table 1 ซึ่งอายุวันดอกบาน 50% ของสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ที่ได้จากการผสมกลับระหว่างข้าวที่ไวต่อช่วงแสง (KDML105) และข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง (กข61) สามารถคัดเลือกได้ในประชากรรุ่นนี้ ใช้วิธีเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ แต่ไม่สามารถระบุสัดส่วนของจำนวนต้นที่ออกดอกกับไม่ออกดอกได้อย่างชัดเจน เนื่องจากมีกลุ่มต้นข้าวที่ไม่ออกดอกเหมือนกับพันธุ์ให้ KDML105 กลุ่มต้นข้าวที่ออกดอกแต่อายุต่างจากพันธุ์รับ กข61 และกลุ่มต้นข้าวที่ออกดอกและมีอายุใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์รับ กข61 โดย Hori และคณะ (2016) รายงานว่าลักษณะวันออกดอกในข้าวควบคุมด้วยหลายยีน เช่น Hd1 Hd3a Ghd7 DTH7 และ Ehd1 ซึ่งมีบทบาทต่อการออกดอก และการตอบสนองความยาวช่วงแสงร่วมกันอย่างซับซ้อน

การปลูกสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_2 ทดสอบลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต

จากการปลูกประเมินลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต ของสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_2 เปรียบเทียบกับพันธุ์รับ กข61 และพันธุ์ต่าง ๆ ของกรมการข้าวได้แก่ กข41 กข43 กข95 และ กข97 รวมถึงพันธุ์ให้ KDML105 ปลูกในช่วงวันยาว หรือนอกฤดู (ปลูกเดือนพฤษภาคม 2567 เก็บเกี่ยวเดือนกันยายน 2567) ส่งผลให้ข้าวพันธุ์ KDML105 ไม่ออกดอก จึงไม่สามารถเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของพันธุ์นี้ได้ แต่สายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_2 ทั้งหมดออกดอก

และมีอายุวันดอกบาน 50% (จำนวนวันหลังปักดำ) ใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์รับ กข61 โดยมี 9 สายพันธุ์ที่มีจำนวนวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ส่วนอีก 7 สายพันธุ์มีจำนวนวันมากกว่าพันธุ์รับ กข61 แต่ยังน้อยกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ กข95 และ กข97 แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มที่จะสามารถพัฒนาไปเป็นข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วได้ (ข้าวเบา) ซึ่งยีน Heading date 1 (Hd1) เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่กำหนดอายุวันออกดอก (Yano et al., 2000)

เมื่อพิจารณาความสูงต้น โดยวัดจากพื้นดินถึงคอรวงที่สูงที่สุด พบว่าสายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นทั้งหมดมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์รับ กข61 ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข61 มีความสูงต้นสูงกว่าทุกสายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้น ในส่วนจำนวนเมล็ดต่อรวงพบว่า สายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นมีจำนวนเมล็ดต่อรวงไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์รับ กข61 ยกเว้นสายพันธุ์ KD/RD61*2–72–9 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยกว่าพันธุ์รับ กข61 แต่จำนวนเมล็ดดีต่อรวงนั้นพบว่าสายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นทุกสายพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์รับ กข61 เช่นเดียวกับน้ำหนัก 100 เมล็ด ที่พบว่าสายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นทุกสายพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์รับ กข61 และยิ่งไปกว่านั้น สายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นและพันธุ์เปรียบเทียบต่าง ๆ ในลักษณะความยาวใบธง ความยาวรวง จำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น อัตราการติดเมล็ด รวมถึงผลผลิต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยรายงานของ Itoh และคณะ (2010) ระบุว่าการผสมพันธุ์ข้าวระหว่างพันธุ์ที่เป็นข้าวไวต่อช่วงแสงและพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงนั้น สามารถคัดเลือกลักษณะความสูงและการออกดอก ซึ่งมีการแสดงออกที่มีกระจายตัวในเชิงปริมาณ (quantitative segregation) ในรุ่นต้น ๆ แต่จะเริ่มคงตัวในรุ่น BC_2F_2 เป็นต้นไป ดังนั้นสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_2 ที่พัฒนาขึ้นนั้น มีศักยภาพพัฒนาเป็นพันธุ์ดีต่อไป

Table 1 Days to 50% flowering of BC_2F_1 backcross-derived lines from the KDML105 × RD61 cross

Line	Days to 50% flowering	Line	Days to 50% flowering
KD/RD61*2–5–3	77	KD/RD61*2–72–13	76
KD/RD61*2–19–3	73	KD/RD61*2–72–22	77
KD/RD61*2–19–9	73	KD/RD61*2–72–23	71
KD/RD61*2–19–10	73	KD/RD61*2–72–29	73
KD/RD61*2–72–6	76	KD/RD61*2–72–31	73
KD/RD61*2–72–8	76	KD/RD61*2–95–3	73
KD/RD61*2–72–9	75	KD/RD61*2–95–4	73
KD/RD61*2–72–11	76	KD/RD61*2–95–19	77

Table 2 Agronomic character, yield components and grain yield of BC_2F_2 backcross–derived lines from the KDML105 × RD61 cross

Line	Days to 50% flowering	Plant height (cm.)	Flag leaf length (cm.)	Panicle length (cm.)	No. tiller per plant	No. panicle per plant	No. spikelet per panicle	No. filled grain per panicle	Seed setting rate (%)	100 grain weight (g)	Grain yield (g)
KD/RD61*2–5–3	62.76 b	64.95 e	37.21	28.33	13.05	12.69	107.97 cd	77.01 d	71.38	2.62 de	21.34
KD/RD61*2–19–3	56.00 bcd	67.25 de	35.38	25.38	11.88	11.75	132.88 c	97.88 bcd	72.74	2.67 bcde	26.57
KD/RD61*2–19–9	58.00 bcd	66.75 de	41.75	27.25	15.25	14.88	132.62 c	101.75 bcd	76.27	2.60 de	34.20
KD/RD61*2–19–10	56.00 bcd	68.75 cde	32.38	28.38	13.50	13.50	117.50 cd	86.62 bcd	74.12	2.77 abcd	25.35
KD/RD61*2–72–6	59.50 bc	67.00 de	30.12	28.00	15.75	14.88	124.75 c	92.12 bcd	73.13	2.66 cde	30.42
KD/RD61*2–72–8	55.00 cd	65.00 e	34.25	28.50	11.75	10.75	132.75 c	99.88 bcd	75.44	2.67 bcde	24.39
KD/RD61*2–72–9	59.50 bc	62.12 e	31.88	27.12	15.50	13.50	97.00 d	70.38 d	71.81	2.62 de	23.95
KD/RD61*2–72–11	59.50 bc	73.88 cde	31.00	27.25	16.38	15.25	119.25 cd	86.75 bcd	73.59	2.88 abc	33.65
KD/RD61*2–72–13	55.00 cd	62.75 e	34.75	27.25	14.38	13.88	111.25 cd	80.00 cd	71.53	2.83 abcd	30.50
KD/RD61*2–72–22	54.00 cd	69.25 cde	33.75	27.75	13.75	13.25	113.75 cd	80.75 cd	71.69	2.68 abcd	26.59
KD/RD61*2–72–23	59.50 bc	65.12 e	34.38	29.62	12.25	11.50	120.75 cd	85.88 bcd	71.11	2.77 abcd	24.04
KD/RD61*2–72–29	54.00 cd	69.50 cde	33.50	27.50	14.25	12.62	105.75 cd	76.88 d	71.81	2.81 abcd	23.93
KD/RD61*2–72–31	59.50 bc	66.62 de	35.00	23.38	14.00	13.38	125.50 c	88,25 bcd	69.99	2.91 ab	28.45
KD/RD61*2–95–3	54.00 cd	68.75 cde	36.12	27.50	13.50	12.75	129.12 c	91.62 bcd	70.36	2.92 a	30.31
KD/RD61*2–95–4	62.76 b	71.94 cde	30.21	29.58	12.55	12.44	129.46 c	76.76 d	60.07	2.59 de	29.35
KD/RD61*2–95–19	56.00 bcd	66.50 de	33.88	26.62	12.62	12.50	117.25 cd	87.62 bcd	74.33	2.78 abcd	23.32
RD61	51.50 d	68.88 cde	31.88	25.00	14.50	12.62	144.38 c	72.75 d	63.38	2.70 abcd	21.33
RD41	63.00 b	98.62 a	35.88	30.75	12.00	11.62	198.75 a	141.25 a	70.07	2.44 e	34.60
RD43	59.50 bc	81.12 bcd	40.75	27.62	12.25	11.62	128.62 c	97.25 bcd	75.86	2.79 abcd	28.78
RD95	77.20 a	94.54 ab	28.05	25.92	13.95	13.56	170.02 b	118.74 ab	68.03	2.65 cde	32.38
RD97	77.00 a	84.12 bc	33.62	29.75	10.25	10.12	211.88 a	112.38.abc	52.47	2.71 abcd	36.38
Mean	59.49	71.59	34.06	27.78	13.49	12.81	130.53	91.55	70.44	2.72	27.71
F–test	**	**	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	*	ns
C.V. (%)	3.57	8.99	12.72	8.28	12.37	14.25	8.60	14.74	9.3	3.69	17.28

* Significant at 0.05 probability level, ** Significant at 0.01 probability level and within a column for each character, values followed by the same letters are not significant according to DMRT ($p < 0.05$)

การทดสอบคุณภาพหุงต้ม

จากการทดสอบความหอมด้วยการดมกลิ่นเมล็ดข้าวกล้องที่ต้มในน้ำ 75 °C นาน 7 นาที เปรียบเทียบกับพันธุ์ให้ KDML105 เมล็ดมีกลิ่นหอม และพันธุ์รับ RD61 เมล็ดไม่มีกลิ่นหอม ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน พบว่าสายพันธุ์ KD/RD61*2–72–11 และ KD/RD61*2–72–22 มีกลิ่นหอม (Table 3) ใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ให้ KDML105 ในขณะที่สายพันธุ์อื่น ๆ ผู้ทดสอบไม่ได้กลิ่นหอมของเมล็ดข้าวกล้อง แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ที่มีกลิ่นหอมจะมีพันธุกรรมที่ควบคุมความหอม (badh) เหมือนกับพันธุ์ KDML105 (Bradbury et al., 2005; Wanchana et al., 2005) และเมื่อนำเมล็ดข้าวสารของสายพันธุ์ต่าง ๆ ไปทดสอบความนุ่มของเมล็ดข้าวที่ต้มในน้ำ 95 °C นาน 15 นาที จากนั้นนำเมล็ดข้าววางบนกระจก แล้วกดทับด้วยกระจกอีกแผ่น ตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของเมล็ดข้าวสุกเปรียบเทียบกับพันธุ์ให้ KDML105 เมล็ดมีความนุ่ม และพันธุ์รับ RD61 เมล็ดไม่มีความนุ่ม พบว่ามีจำนวน 3 สายพันธุ์ที่มีลักษณะการกระจายตัวของเมล็ดข้าว (เมล็ดข้าวสุกเมื่อถูกกดทับด้วยกระจกจะแบนราบขนาดแตกต่างกันตามความนุ่มและแข็ง) ใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ให้ KDML105 ได้แก่ KD/RD61*2–72–11 KD/RD61*2–72–22 และ KD/RD61*2–95–4 แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ที่มีความนุ่มจะมีพันธุกรรมควบคุมปริมาณอมิโลสต่ำ (Kumar and Khush, 1986) เมื่อพิจารณาทั้งสองลักษณะร่วมกัน คือความหอม และความนุ่ม พบว่ามี 2 สายพันธุ์ที่มีครบทั้งสองลักษณะได้แก่สายพันธุ์ KD/RD61*2–72–11 และ KD/RD61*2–72–22 โดยกลิ่นหอมสามารถแสดงออกได้ พันธุกรรมต้องอยู่ในสภาพโฮโมไซโกต (homozygote) (Bradbury et al., 2005)

Table 3 Evaluation of aroma and grain softness of BC_2F_2 backcross-derived lines from the KDML105 × RD61 cross

Line	Aroma	Soft
KD/RD61*2–5–3	-	-
KD/RD61*2–19–3	-	-
KD/RD61*2–19–9	-	-
KD/RD61*2–19–10	-	-
KD/RD61*2–72–6	-	-
KD/RD61*2–72–8	-	-
KD/RD61*2–72–9	-	-
KD/RD61*2–72–11	+	+
KD/RD61*2–72–13	-	-
KD/RD61*2–72–22	+	+
KD/RD61*2–72–23	-	-
KD/RD61*2–72–29	-	-
KD/RD61*2–72–31	-	-
KD/RD61*2–95–3	-	-
KD/RD61*2–95–4	-	+
KD/RD61*2–95–19	-	-
KDML105	+	+
RD61	-	-
RD41	-	-
RD43	+	-
RD95	-	-
RD97	-	-

+ = Aroma, Soft - = Not aroma, Not Soft

สรุป

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสายพันธุ์ลูกผสมกลับที่ได้จากคู่ผสมระหว่างขาวดอกมะลิ 105 และ กข61 เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีอายุวันออกดอกเร็ว คุณภาพเมล็ดหอม และมีความนุ่มใกล้เคียงกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากขั้นตอนการคัดเลือกในรุ่น BC_2F_1 พบว่าสามารถคัดเลือกต้นที่มีอายุวันออกดอกใกล้เคียงพันธุ์ กข61 ได้ 4 สายพันธุ์ และนำไปสร้างเป็นสายพันธุ์ BC_2F_2 เพื่อประเมินลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และคุณภาพเมล็ด

ผลการปลูกทดสอบในแปลงภายใต้สภาพวันยาวพบว่าสายพันธุ์ BC_2F_2 ทั้งหมดสามารถออกดอกได้ ขณะที่พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่ออกดอก โดยมี 9 สายพันธุ์ที่มีอายุวันดอกบาน 50% ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ กข61 สะท้อนศักยภาพในการเป็นข้าวอายุเบา นอกจากนี้ลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ ได้แก่ ความสูง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิต พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ กข61 แสดงว่าสายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นมีความสม่ำเสมอและคงตัวในลักษณะสำคัญ

การประเมินคุณภาพหุงต้มพบว่าสายพันธุ์ KD/RD61*2–72–11 และ KD/RD61*2–72–22 มีกลิ่นหอมใกล้เคียงกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และในการทดสอบความนุ่มพบว่าสายพันธุ์ KD/RD61*2–72–11 KD/RD61*2–72–22 และ KD/RD61*2–95–4 มีลักษณะเมล็ดสุกใกล้เคียงพันธุ์กับให้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาทั้งความหอมและความนุ่มร่วมกัน พบว่า มี 2 สายพันธุ์เด่น คือ KD/RD61*2–72–11 และ KD/RD61*2–72–22 ที่มีความหอมและความนุ่มครบถ้วน และมีอายุวันออกดอกเร็วเหมาะสม จึงมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นพันธุ์ข้าวใหม่ที่มีข้อดีของ กข61 และขาวดอกมะลิ 105

การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการผสมกลับระหว่างพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ กข61 ในการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวที่มีอายุออกดอกเร็ว สามารถออกดอกภายใต้สภาพวันยาว และยังคงลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์ กข61 ขณะเดียวกันสามารถถ่ายทอดลักษณะคุณภาพเมล็ดที่ดีจากพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สายพันธุ์เด่น KD/RD612–72–11 และ KD/RD61*2–72–22 มีความหอมและความนุ่มใกล้เคียงพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับอายุวันออกดอกที่สั้น สะท้อนแนวทางการพัฒนาพันธุ์ข้าวคุณภาพที่สามารถลดระยะเวลาการผลิตและตอบสนองต่อความต้องการของตลาดข้าวคุณภาพได้อย่างเหมาะสม จึงมีศักยภาพสูงในการนำไปต่อยอดสู่การพัฒนาเป็นพันธุ์ข้าวใหม่ในอนาคต ทั้งนี้ควรมีการทดสอบเพิ่มเติมในหลายพื้นที่และหลายรุ่น เพื่อยืนยันความคงตัวและความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

Bradbury, L.M.T., Fitzgerald, T.L., Henry, R.J., Jin, Q., Waters, D.L.E. 2005. A gene encoding betaine aldehyde dehydrogenase (BADH2) underlies fragrance in rice. Plant Biotechnol. J. 3: 363–370. doi.org/10.1111/j.1467-7652.2005.00144.x

Du, A., Tian, W., Wei, M., et al. 2017. The DTH8-Hd1 module mediates day-length-dependent regulation of rice flowering. Mol. Plant 10: 948–961. doi.org/10.1016/j.molp.2017.03.006

Hori, K., Matsubara, K., Yano, M. 2016. Genetic control of flowering time in rice: Integration of Mendelian genetics and genomics. Theor. Appl. Genet. 129: 2241–2252. doi.org/10.1007/s00122-016-2773-x

Itoh, H., Nonoue, Y., Yano, M., Izawa, T. 2010. A forward genetic approach to understanding flowering time control in rice. Dev. Growth Differ. 52: 737–747. doi.org/10.1111/j.1440-169X.2010.01186.x

International Rice Research Institute (IRRI). 1971. Annual report 1970. IRRI, Los Baños, Philippines.

Matsubara, K., Kono, I., Hori, K., et al. 2008. Novel QTLs for photoperiodic flowering revealed by using reciprocal backcross inbred lines from crosses between japonica rice cultivars. Theor. Appl. Genet. 117: 935–945. doi.org/10.1007/s00122-008-0829-8

Matsubara, K., Yamanouchi, U., Nonoue, Y., Sugimoto, K., Wang, Z.X., Minobe, Y., Yano, M. 2011. Ehd3, encoding a plant homeodomain finger-containing protein, is a critical promoter of rice flowering. Plant J. 66: 603–612. doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04516.x

Nonoue, Y., Fujino, K., Hirayama, Y., Yamanouchi, U., Lin, S.Y., Yano, M. 2008. Detection of quantitative trait loci controlling extremely early heading in rice. Theor. Appl. Genet. 116: 715–722. doi.org/10.1007/s00122-007-0690-9

Nemoto, Y., Nonoue, Y., Yano, M., Izawa, T. 2016. Hd1, a CONSTANS ortholog in rice, functions as an Ehd1 repressor through interaction with monocot-specific CCT-domain protein Ghd7. Plant J. 86: 221–233. doi.org/10.1111/tpj.13162

Kumar, I., Khush, G.S. 1986. Gene dosage effects of amylose content in rice endosperm. Jpn. J. Genet. 61: 559–568. doi.org/10.1266/jjg.61.559

Song, S., Chen, Y., Liu, L., et al. 2017. OsFTIP1-mediated regulation of florigen transport in rice is negatively regulated by the ubiquitin-like domain kinase OsUbDK4. Plant Cell 29: 491–507. doi.org/10.1105/tpc.16.00676

Tamaki, S., Matsuo, S., Wong, H.L., Yokoi, S., Shimamoto, K. 2007. Hd3a protein is a mobile flowering signal in rice. Science 316: 1033–1036. doi.org/10.1126/science.1141753

Taoka, K., Ohki, I., Tsuji, H., et al. 2011. 14-3-3 proteins act as intracellular receptors for rice Hd3a florigen. Nature 476: 332–335. doi.org/10.1038/nature10272

Takahashi, Y., Teshima, K.M., Yokoi, S., Innan, H., Shimamoto, K. 2009. Variations in Hd1 proteins, Hd3a promoters, and Ehd1 expression levels contribute to diversity of flowering time in cultivated rice. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 106: 4555–4560. doi.org/10.1073/pnas.0812092106

Wanchana, S., Kamolsukyeunyong, W., Ruengphayak, S., Tragoonrung, S., Toojinda, T., Vanavichit, A. 2005. A rapid construction of a physical contig across a 4.5 cM region for rice grain aroma facilitates marker enrichment for positional cloning. ScienceAsia 31: 299–306.

Wu, C.C., Wei, F.J., Chiou, W.Y., et al. 2020. Studies of rice Hd1 haplotypes worldwide reveal adaptation of flowering time to different environments. PLoS ONE 15: e0233990. doi.org/10.1371/journal.pone.0233990

Yano, M., Katayose, Y., Ashikari, M., et al. 2000. Hd1, a major photoperiod sensitivity quantitative trait locus in rice, is closely related to the Arabidopsis flowering time gene CONSTANS. Plant Cell 12: 2473–2484. doi.org/10.1105/tpc.12.12.2473

Zhu, C., Peng, Q., Fu, D., et al. 2018. The E3 ubiquitin ligase HAF1 modulates circadian accumulation of EARLY FLOWERING3 to control heading date in rice under long-day conditions. Plant Cell 30: 2352–2367. doi.org/10.1105/tpc.18.00225

ผลผลิตและคุณภาพเนื้อสัมผัสของมันสำปะหลังบริโภค ลูกผสมปี 2565

Yield and texture quality of edible cassava 2022 hybrids

ชฎาพร อินเปลี่ยน*, กุสุมา รอดแผ้วพาล, สุวลักษณ์ ศันสนีย์, ธนาวดี ค้ำชู

Chadaporn Inplean*, Kusuma Rodpeawpan, Suwaluk Sansanee, Tanavadee Kumchoo

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

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังบริโภคให้มีผลผลิตสูงและมีคุณภาพการบริโภคที่ดี วางแผนการทดลองแบบ Augmented Design ใช้พันธุ์ห้านาทีและ กวก.ระยอง 2 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังบริโภคลูกผสมปี 2565 สายพันธุ์ดีได้จำนวน 18 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ลูกผสมข้าม จำนวน 13 สายพันธุ์ ได้แก่ CMRE65–13–14, CMRE65–164–06, CMRE65–164–11, CMRE65–164–25, CMRE65–19–12, CMRE65–50–01, CMRE65–76–01, CMRE65–97–08, CMREM65–135–01, CMREM65–19–18, CMREM65–29–03, CMREM65–34–03 และ CMREM65–97–21 ซึ่งมีผลผลิตหัวสดอยู่ระหว่าง 468–6,089 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสดอยู่ระหว่าง 8.3–36.1% มีค่าความแข็ง (Hardness) อยู่ระหว่าง 273–809g และค่าความเหนียว (Adhesiveness) อยู่ระหว่าง 1,384–4,815 g·sec และสายพันธุ์ลูกผสมเปิด จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ OMRE65–06–13, OMRE65–06–21, OMRE65–07–07, OMRE65–18–29 และ OMREM65–46–34 มีผลผลิตหัวสดอยู่ระหว่าง 2,839–5,701 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสดอยู่ระหว่าง 13.8–27.8% มีค่าความแข็งและค่าความเหนียวอยู่ระหว่าง 263–613g และ 1,976–3,891 g·sec ตามลำดับ

คำสำคัญ: คุณภาพเนื้อสัมผัส, ผลผลิตหัวสด, มันสำปะหลังบริโภค

Abstract

This study aimed to improve edible cassava through breeding for high fresh root yield and desirable eating quality. The experiment was conducted using an augmented design, with Hanatee and KU50 Rayong 2 used as check varieties. The result showed 18 edible cassava lines of 2022 hybrids were selected. Cross hybrids are 13 lines: CMRE65–13–14, CMRE65–164–06, CMRE65–164–11, CMRE65–164–25, CMRE65–19–12, CMRE65–50–01, CMRE65–76–01, CMRE65–97–08, CMREM65–135–01, CMREM65–19–18, CMREM65–29–03, CMREM65–34–03 and CMREM65–97–21. These hybrids exhibited fresh root yields ranging from 468 to 6,089 kg/rai, starch contents of 8.3–36.1% (fresh weight basis), hardness values of 273–809 g, and adhesiveness values of 1,384–4,815 g·sec. Open hybrids are 5 lines: OMRE65–06–13, OMRE65–06–21, OMRE65–07–07, OMRE65–18–29 and OMREM65–46–34. Fresh root yields ranging from 2,839 to 5,701 kg/rai, starch contents of 13.8–27.8%, hardness values of 263–613 g, and adhesiveness values of 1,976–3,891 g·sec.

Keywords: Edible cassava, Fresh root yield, Texture quality

คำนำ

มันสำปะหลังแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ชนิดขม (Bitter Type) ที่มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง เป็นพิษและมีรสขม ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์หรือใช้หัวมันสำปะหลังสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง ใช้สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ เช่น แป้งมัน มันอัดเม็ด และแอลกอฮอล์ เป็นต้น เนื่องจากมีปริมาณแป้งสูง และมันสำปะหลังชนิดหวาน (Sweet Type) เป็นพันธุ์ที่ใช้หัวเพื่อการบริโภคของมนุษย์ ไม่มีรสขม มีทั้งชนิดเนื้อร่วนนุ่มและชนิดเนื้อเหนียวแน่น ไม่มีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ เนื่องจากมีตลาดจำกัด (อัจฉรา และจรุงสิทธิ์, 2537) มันสำปะหลังบริโภคที่เกษตรกรนิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์ห้านาที เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ ไม่มีรสขม เนื้อหัวร่วน เหมาะสำหรับทำขนม เช่น มันเชื่อม มันย่าง เป็นต้น แต่มีผลผลิตค่อนข้างต่ำ 1,500–2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่ควรเก็บเกี่ยวอายุเกิน 10 เดือน เพราะจะมีเส้นใยในหัวมาก (จิณณจาร์, 2552) และ ปรับปรุงพันธุ์โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร มีเนื้อหัวสีเหลือง เนื้อไม่ร่วนซุย มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ เหมาะสำหรับการทำมันแผ่นทอด (ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, ม.ป.ป.)

แม้ว่าพันธุ์ห้านาทีจะมีเนื้อหัวร่วนซุยเหมาะสำหรับการบริโภค แต่มีข้อจำกัดด้านผลผลิตต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังบริโภคให้มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ห้านาทีและมีลักษณะดีที่เหมาะสมแก่การบริโภค ได้แก่ มีเนื้อสัมผัสที่ดี เนื้อหัวร่วนซุยและ/หรือมีสีเนื้อหัวสวยเมื่อผ่านความร้อน (จากการสังเกตเบื้องต้น) เป็นต้น เพื่อทดสอบในขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์ขั้นต่อ ๆ ไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกมันสำปะหลัง

ใช้แผนการทดลองแบบ Augmented Design ซึ่งเป็นแผนการทดลองที่ใช้ในชั่วแรก ๆ ของการคัดเลือกที่มักจะมีเมล็ดไม่เพียงพอต่อการปลูกพืชแบบมีซ้ำในแปลงทดสอบผลผลิต ภายใต้สมมติฐานที่ว่า ความผันแปรที่เกิดขึ้นกับสายพันธุ์ทดสอบเหมือนกับพันธุ์ตรวจสอบ (ชูศักดิ์, 2555) วางแผนการทดลองโดยมีมันสำปะหลังบริโภคลูกผสมปี 2565 จำนวน 133 สายพันธุ์ และพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 2 พันธุ์ โดยปลูกเป็นบล็อก จำนวน 7 บล็อก บล็อกละ 21 แปลงย่อย แต่ละบล็อกมีมันสำปะหลังบริโภคลูกผสมปี 2565 จำนวน 19 แปลงย่อย และพันธุ์เปรียบเทียบ 2 แปลงย่อย ซึ่งจะใช้พันธุ์เปรียบเทียบเป็นพันธุ์เดียวกันในทุก ๆ บล็อก แปลงย่อยมีขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 8 เมตร ระยะระหว่างแถว 1.0 เมตร ระยะระหว่างต้น 0.8 เมตร ปลูกแปลงย่อยละ 5 แถว แถวละ 10 ต้น พื้นที่เก็บเกี่ยว 3.0 x 6.4 เมตร ในช่วง 1–1.5 เดือนหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเกรด 15–7–18 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ โดยขุดหลุมใส่ 2 ข้างลำต้นบริเวณชายพุ่มใบแล้วพรวนดินกลบ กำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชและแมลงตามความเหมาะสม

การวัดปริมาณแป้งในหัวสด (อายุ 11 เดือน)

นำหัวมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวได้จากทั้งแปลงย่อยมารวมกันและสุ่มหัวมันสำปะหลังที่สมบูรณ์ ไม่เน่าเสีย จากนั้นสับหัวมันสำปะหลังสดตามขวางให้เป็นชิ้น ความหนาประมาณ 8–10 เซนติเมตร โดยใช้ทั้งส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนปลายของหัวมันสำปะหลัง จากนั้นชั่งน้ำหนักหัวมันสำปะหลังที่สับเป็นชิ้นแล้ว 5 กิโลกรัม นำใส่ในตะกร้าที่แขวนอยู่ด้านบนของเครื่องวัดปริมาณแป้งในหัวสด และเติมน้ำลงในถังด้านล่างจนปริมาณน้ำถึงจุดปล่อยน้ำออกจากถัง ปรับลูกตุ้มของคานด้านล่างไปที่ตัวเลข 5 และเทหัวมันสำปะหลังจากตะกร้าด้านบนลงสู่ตะกร้าด้านล่าง เลื่อนลูกตุ้มของคานด้านล่างจากตัวเลข 5 มาชิดฝั่งด้านคานสีดำ จากนั้นเลื่อนลูกตุ้มเล็กของคานด้านบนสุด (ส่วนที่ขยับได้) ให้สมดุลกับปลายของคานด้านล่าง (ส่วนที่อยู่นิ่ง) จากนั้นอ่านค่าปริมาณแป้งในหัวสดหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งการวัดปริมาณแป้งด้วยวิธีนี้

ใช้หลักเกณฑ์ของคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของหัวมันสด โดยใช้ค่าความหนาแน่นของหัวมันสดเป็นเกณฑ์ โดยหัวมันสดที่มีค่าความหนาแน่นสูงจะมีปริมาณแป้งในหัวสดสูงตามไปด้วย ซึ่งเป็นวิธีประเมินประมาณแป้งในหัวสดได้อย่างรวดเร็ว



Fig. 1 Reimann scale for measuring starch content in fresh roots

การวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการเก็บเกี่ยว

เมื่อมันสำปะหลังอายุ 9 เดือน เก็บตัวอย่างหัวมันสำปะหลังมานึ่ง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความเหนียว (Adhesiveness) โดยขุดหัวมันสำปะหลังจำนวน 1 ต้นต่อสายพันธุ์จากแถวปลูกที่ 1 ต้นที่ 3 จากทุกแปลงย่อย นำมาปอกเปลือกและล้างทำความสะอาด ตัดหัวมันสำปะหลังบริเวณกลางหัวในแนวขวาง ให้ชิ้นมันสำปะหลังมีความสูงประมาณ 8 เซนติเมตร จากนั้นนำไปนึ่งบนลังถึงให้สุกใช้เวลาประมาณ 45 นาที เมื่อมันสำปะหลังสุกแล้วนำออกจากลังถึง และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA. XT PlusC ทำการทดสอบลักษณะของแรงกด (Compression) โดยใช้หัว P/2 (2 mm diameter cylinder probe) โดยใช้ per-test speed, test speed และ post-test speed ที่ 1 2 และ 10 มิลลิเมตร/วินาที ตามลำดับ ใช้ระยะห่างระหว่างหัววัดกับหัวมันนึ่ง 15 มิลลิเมตร (กุสุมา และคณะ, 2567) บันทึกค่าแรงสูงสุดในแต่ละซ้ำของตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ชิ้น โดยวิเคราะห์จำนวน 3 ตำแหน่งบนหัวมันนึ่ง ได้แก่ บริเวณส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของหัวมันนึ่ง จากนั้นคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยพิจารณาด้านความแข็ง (Hardness) แสดงถึงความแข็งของหัวมันนึ่ง ค่าต่ำหมายถึงหัวมันนึ่งมีความแข็งน้อยและมีความนุ่มมาก มีหน่วยเป็นกรัม และความเหนียว (Adhesiveness) แสดงถึงความเหนียวของหัวมันนึ่ง มีหน่วยเป็นกรัม.วินาที (g·sec) โดยใช้พันธุ์ห้านาทีซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีเนื้อหัวร่วนซุยเหมาะสำหรับการบริโภคเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสมันสำปะหลังเมื่ออายุ 9 เดือนหลังปลูกนั้น เนื่องจากเป็นช่วงอายุที่เหมาะสมต่อการประเมินคุณภาพเนื้อสัมผัสมันสำปะหลังบริโภคที่ปลูกในสภาพไร่ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีเนื้อสัมผัสที่ดี เนื่องจากขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์เบื้องต้นนั้น เป็นขั้นตอนในระยะเริ่มต้นการเปรียบเทียบพันธุ์ในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งยังมีสายพันธุ์อยู่เป็นจำนวนมาก การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัสจะช่วยลดปริมาณสายพันธุ์ให้มีจำนวนน้อยลงได้

เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 11 เดือน โดยคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบและมีคุณภาพเนื้อสัมผัสดี และเนื้อหัวร่วนซุยหรือเหนียวนุ่ม (จากการสังเกตเบื้องต้น) ซึ่งการเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 เดือนนั้น จะส่งผลให้ได้จำนวนท่อนพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการขยายพันธุ์ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการพัฒนาพันธุ์และขยายท่อนพันธุ์ให้เพียงพอ เพื่อนำไปทดสอบในขั้นตอนทดสอบพันธุ์ขั้นต่อไป

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ Augmented Design โดยใช้ R-Program version R 4.4.2 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลผลิตหัวสด (อายุ 11 เดือน)

สายพันธุ์มันสำปะหลังบริโภคลูกผสมปี 2565 ที่คัดเลือกมีผลผลิตหัวสดอยู่ระหว่าง 468–6,089 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีจำนวน 17 สายพันธุ์ ที่มีผลผลิตหัวสดสูงกว่าพันธุ์ห้านาทีและพันธุ์ กวก.ระยอง 2 โดยสายพันธุ์ CMRE65–164–25 มีผลผลิตหัวสดสูงสุด 6,089 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ OMRE65–06–21 ที่มีผลผลิตหัวสด 5,701 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ CMRE65–19–12 มีผลผลิตหัวสด 5,193 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ CMREM65–19–18 ที่มีผลผลิตหัวสด 5,117 กิโลกรัมต่อไร่ และสายพันธุ์ CMRE65–50–01ที่มีผลผลิตหัวสด 4,888 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์ห้านาทีและพันธุ์ กวก. ระยอง 2 มีผลผลิตหัวสด 2,362 และ 2,424 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 1) จากผลการทดลอง จะเห็นว่าสายพันธุ์มันสำปะหลังบริโภคลูกผสมปี 2565 ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าพันธุ์ห้านาทีและพันธุ์ กวก.ระยอง 2 ซึ่ง กุสุมา และคณะ (2567) รายงานว่า มันสำปะหลังสายพันธุ์ CMRE60–03–02 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 3,858 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ สายพันธุ์ CMRE60–03–13 ให้ผลผลิตหัวสด 2,956 กิโลกรัมต่อไร่ และสายพันธุ์ OMRE60–01–02 ให้ผลผลิตหัวสด 2,894 กิโลกรัมต่อไร่ และธนาวดี และคณะ (2568) รายงานว่า มันสำปะหลังสายพันธุ์ OMRE62–04–54 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,057 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ OMRE62–04–20 และ CMRE62–24–11 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,045 และ 3,712 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ปริมาณแป้งในหัวสด (%) (อายุ 11 เดือน)

สายพันธุ์ CMREM65–19–18 มีปริมาณแป้งในหัวสดสูงสุด 36.1% รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ OMRE65–06–21 และสายพันธุ์ CMRE65–97–08 มีปริมาณแป้งในหัวสด 27.8% และ 26.7% ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ห้านาทีและ กวก. ระยอง 2 มีปริมาณแป้งในหัวสด 14.5% และ 10.9% ตามลำดับ (Table 1) โดย สุวลักษณ์ และคณะ (2568) รายงานว่า มันสำปะหลังอุตสาหกรรมสายพันธุ์ CMR62–106–03 ให้ปริมาณแป้งในหัวสด 28.2% และ กุสุมา และคณะ (2567) รายงานว่า มันสำปะหลังบริโภคสายพันธุ์ OMRE60–01–02 มีปริมาณแป้งในหัวสดสูงสุด 22.1% จากผลการทดลอง จะเห็นว่า มันสำปะหลังบริโภคลูกผสมปี 2565 มีปริมาณแป้งในหัวสดในหัวสดใกล้เคียงกับทั้งมันสำปะหลังอุตสาหกรรมและมันสำปะหลังบริโภค ซึ่งปริมาณแป้งในหัวสดสำหรับมันสำปะหลังบริโภคนั้น ไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอนว่าต้องมีปริมาณแป้งในหัวสดเท่าใด แต่หากสายพันธุ์ที่คัดเลือกมีผลผลิตสูงและเนื้อสัมผัสที่ดี อีกทั้งยังมีปริมาณแป้งในหัวสดสูง สายพันธุ์นั้น ๆ นับเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพทั้งในการบริโภคและใช้ในอุตสาหกรรม



Fig. 2 Fresh root characteristics of selected edible cassava hybrids harvested at 11 months after planting. (A) CMRE65–164–25; (B) CMRE65–19–12; (C) CMRE65–19–18; (D) CMRE65–76–01; (E) CMRE65–135–01; and (F) OMRE65–07–07

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสมันสำปะหลังนึ่ง (อายุ 9 เดือน)

ค่าความแข็ง (Hardness) ของมันนึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 263–809g ซึ่งมีจำนวน 5 สายพันธุ์ที่มีความแข็งต่ำกว่าพันธุ์ห้านาที โดยสายพันธุ์ OMRE65–07–07 มีค่าความแข็งต่ำสุด 263g รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ CMRE65–164–25 CMRE65–164–11 CMREM65–135–01 และ OMREM65–46–34 ที่มีค่าความแข็ง 273g 277g 323g และ 399g ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ห้านาที มีค่าความแข็ง 431g และพันธุ์กวก.ระยอง 2 มีค่าความแข็ง 791g (Table 1) สอดคล้องกับรายงานของ กุสุมา และคณะ (2567) ที่รายงานว่า สายพันธุ์ OMRE60–02–12 มีความแข็งน้อยที่สุด 486.46g รองลงมาคือ CMRE60–03–13 มีความแข็ง 515.16g โดยทั้ง 2 สายพันธุ์มีความแข็งใกล้เคียงกับห้านาที ที่มีความแข็ง 553.75g

ค่าความเหนียว (Adhesiveness) ของมันนึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1,384–4,815 g·sec มีจำนวน 4 สายพันธุ์ที่มีค่าความเหนียวต่ำกว่าพันธุ์ห้านาที โดยสายพันธุ์ CMRE65–164–11 มีค่าความเหนียวต่ำสุด 1,384 g·sec รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ CMRE65–164–25 OMREM65–46–34 และ CMREM65–135–01 ที่มีค่าความเหนียว 1,432 1,976 และ 2,057 g·sec ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ห้านาทีมีค่าความเหนียว 2,304 g·sec และพันธุ์ กวก. ระยอง 2 มีค่าความเหนียว 4,217 g·sec (Table 1) จากผลการทดลอง จะเห็นว่า มันสำปะหลังบริโภคลูกผสมปี 2565 มีค่าความเหนียวต่ำกว่าพันธุ์ห้านาที และพันธุ์ กวก. ระยอง 2 ซึ่งกุสุมา และคณะ (2567) รายงานว่า CMRE60–03–13 OMRE60–02–12 และระยอง 2 มีความเหนียว 3,658 4,063 และ 4,588 g·sec ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับห้านาทีที่มีความเหนียว 3,864 g·sec

Table 1 Adjusted Mean of Fresh root yield, starch content and texture quality of selected edible cassava clones (2022 Hybrids) that were evaluated in preliminary trial at Rayong Field Crops Research Center in 2024/2025

No.	Lines/Varieties	Fresh root yield (kg/rai)	Starch content (%)	Hardness (g)	Adhesiveness g·sec
1	CMRE65–13–14	3,702	20.5	611	4,277
2	CMRE65–164–06	3,896	22.0	726	3,920
3	CMRE65–164–11	3,667	24.7	277	1,384
4	CMRE65–164–25	6,089	14.5	273	1,432
5	CMRE65–19–12	5,193	26.0	639	3,147
6	CMRE65–50–01	4,888	8.3	809	4,730
7	CMRE65–76–01	4,785	23.6	693	4,498
8	CMRE65–97–08	3,209	26.7	719	4,785
9	CMREM65–135–01	3,718	21.3	323	2,057
10	CMREM65–19–18	5,117	36.1	595	4,815
11	CMREM65–29–03	3,193	13.1	456	3,124
12	CMREM65–34–03	468	21.9	465	2,746
13	CMREM65–97–21	4,805	23.1	783	4,371
14	OMRE65–06–13	3,109	13.8	593	3,432
15	OMRE65–06–21	5,701	27.8	486	2,583
16	OMRE65–07–07	2,839	21.0	263	2,573
17	OMRE65–18–29	4,046	23.8	613	3,891
18	OMREM65–46–34	4,301	21.9	399	1,976
19	Hanatee	2,362	14.5	431	2,304
20	DOA Rayong 2	2,424	10.9	791	4,217
	%CD	2,090	9.6	868	2,894
	CV (%)	22.3	17.4	40.0	22.1

Data are presented as mean values. Statistical differences among lines were determined using LSD at $p < 0.05$.

สรุป

ในขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์เบื้องต้น สามารถคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังบริโภคสายพันธุ์ดีได้จำนวน 18 สายพันธุ์ โดยพิจารณาผลผลิตหัวสด ปริมาณแป้งในหัวสด ความแข็ง (Hardness) ความเหนียว (Adhesiveness) และลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ พบว่า มีสายพันธุ์ที่มีแนวโน้มจะมีลักษณะที่ดี โดยสายพันธุ์ที่คัดเลือกต้องมีลักษณะดังนี้ 1. ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ห้านาทีและ กวก.ระยอง 2 2. มีเนื้อสัมผัสที่ดีจากการวัดเนื้อสัมผัส ได้แก่ 1.สายพันธุ์ CMRE65–164–25 มีผลผลิตหัวสดสูงสุด 6,089 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความแข็งและความเหนียวต่ำ 273g และ 1,432 g·sec ตามลำดับ 3. สายพันธุ์ OMRE65–06–21 ที่มีผลผลิตหัวสด 5,701 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสดในหัวสด (อายุ 11 เดือน) 27.8% มีค่าความแข็ง 486g 3.สายพันธุ์ CMREM65–19–18 ที่มีผลผลิตหัวสด 5,117 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด

ในหัวสด (อายุ 11 เดือน) 36.1% และมีค่าความแข็ง 595g 4. สายพันธุ์ CMRE65–19–12 ที่มีผลผลิตหัวสด 5,193 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสดในหัวสด (อายุ 11 เดือน) 26.0% และมีค่าความแข็ง 639g 5. สายพันธุ์ CMREM65–135–01 มีผลผลิตหัวสด 3,718 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความแข็งต่ำเท่ากับ 323g เป็นต้น และ 3.มีคุณลักษณะพิเศษอื่น ๆ เช่น สายพันธุ์ CMREM65–34–03 ที่มีผลผลิตหัวสด 468 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อนึ่งจนสุกหัวมันนึ่งมีกลิ่นผอมคล้ายเผือก จึงยังคงคัดเลือกสายพันธุ์นี้ไว้ เพื่อดูศักยภาพการให้ผลผลิตอีกครั้ง หากมีศักยภาพการให้ผลผลิตที่ดีสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ สายพันธุ์ก็จะถูกคัดเลือกไว้ แต่อย่างไรก็ตาม ต้องมีการทดสอบสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ในการเปรียบเทียบพันธุ์ขั้นต่อ ๆ ไป ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร เพื่อคัดเลือกมันสำปะหลังบริโภคสายพันธุ์ดีที่มีผลผลิตสูงและเนื้อสัมผัสดีตรงตามวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ โดยพิจารณาทั้งด้านผลผลิตหัวสดที่สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ และคุณภาพเนื้อสัมผัสจากการทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส และการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยคนชิม เพื่อประโยชน์ในการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

เอกสารอ้างอิง

กุสุมา รอดแผ้วพาล, ชฎาพร อินเปลี่ยน, สุวลักษณ์ ศันสนีย์, ธนาวดี ค้ำชู. 2567. ผลของพันธุ์มันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าต่อผลผลิต คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แปรรูป. วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. 3: 76–87.

จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข. 2552. คุณสมบัติและประโยชน์ของหัวและแป้งมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6, ระยอง.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2555. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย R. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธนาวดี ค้ำชู, ทนุธรรม บุญฉิม, วารีย์ ทองมี และคณะ. 2568. การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค: การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร (ลูกผสมปี 2562). ใน: เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานวิจัยมันสำปะหลัง ประจำปี 2567. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, ระยอง, หน้า 222–243.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. ม.ป.ป. รู้จริงเรื่องพืชกับกรมวิชาการเกษตร: การแปรรูปอาหารจากมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

สุวลักษณ์ ศันสนีย์, ทัศนีย์ บุตรทอง, กาญจนา กิระศักดิ์ และคณะ. 2568. การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง: การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร (ลูกผสมชุดปี 2562). ใน: เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานวิจัยมันสำปะหลัง ประจำปี 2567. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, ระยอง, หน้า 39–59.

อัจฉรา ลิ่มศิลา, จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา. 2537. ชนิดและพันธุ์มันสำปะหลัง. ใน: จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา (บรรณาธิการ). มันสำปะหลัง. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ, หน้า 41–62.

ศักยภาพการให้ผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมดีเด่นของกรมวิชาการเกษตรในหลายสภาพแวดล้อม

Yield potential of DOA-elite waxy corn hybrids in multi-environments

วรรษมน มงคล[a,*], **อำไพ ประเสริฐสุข**[b], **โสพิศ ใจปาละ**[c], **ภาคภูมิ ถิ่นคำ**[d], **ฉัตรชีวิน ดาวใหญ่**[e]
Wassamon Mongkol[a,*], Ampai Prasertsuk[b], Sopit Jaipara[c], Parkpoom Thinkum[d], Chatchewin Dawyai[e]

[a] ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ชัยนาท 17150

[b] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี กาญจนบุรี 71000

[c] ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ เชียงใหม่ 50290

[d] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ขอนแก่น 40000

[e] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย สุโขทัย 64120

[a] Chai Nat Field Crops Research Center, Chai Nat 17150, Thailand

[b] Kanchanaburi Agricultural Research and Development Center, Kanchanaburi 71000, Thailand

[c] Chiang Mai Field Crop Research Center, Chiang Mai 50290, Thailand

[d] Khon Kaen Field Crops Research Center, Khon Kaen 40000, Thailand

[e] Sukhothai Agricultural Research and Development Center, Sukhothai 64120, Thailand

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมในหลายสภาพแวดล้อม วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ใช้ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมดีเด่นจำนวน 8 ลูกผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้า 4 พันธุ์ และลูกผสมดีเด่น 1 ลูกผสม ทดสอบใน 5 สภาพแวดล้อม ในปี 2567 พบว่า กราฟ GGE biplot สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ทั้งหมด 81.4% (PC1 = 68.3% และ PC2 = 13.1%) โดยลูกผสม CNW22063 และ CNW22034 ให้ผลผลิตทั้งเปลือกสูงทั้ง 5 สภาพแวดล้อมเฉลี่ย 2,442 และ 2,348 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ 4 พันธุ์ และมีเสถียรภาพการให้ผลผลิตดี นอกจากนี้ ทั้ง 2 ลูกผสม ยังมีคุณภาพการบริโภค และลักษณะทางการเกษตรที่ดี ลูกผสมดีเด่นที่คัดเลือกจะนำไปประเมินผลผลิตในปี 2568 และแนะนำสู่เกษตรกรต่อไป

คำสำคัญ: การประเมินผลผลิต, การวิเคราะห์ GGE biplot, ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม

Abstract

This research aimed to evaluate the yield potential of waxy corn hybrids in multi-environments. A randomized complete block design (RCBD) was carried out with three replications, consisting of eight elite waxy corn hybrids compared with four commercial hybrids and one promising hybrid in five environments in 2024. GGE biplot analysis explained 81.4% of the total variation (PC1 = 68.3% and PC2 = 13.1%). CNW22063 and CNW22034 showed high ear yield with husk across the five environments, averaging of 2,442 and 2,348 kg/rai, higher than the four check varieties, and had good yield stability. Moreover, these two waxy corn hybrids had good eating quality and agronomic traits. The selected DOA-elite waxy corn hybrids will be further evaluated in yield trials in 2025 and recommended to farmers.

Keywords: GGE biplot analysis, Waxy corn hybrid, Yield evaluation

คำนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียว (*Zea mays* L. var. *ceratina*) เป็นหนึ่งในข้าวโพดฝักสดที่ได้รับความนิยมในการบริโภค ในปี พ.ศ. 2567 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูก 18,803 ไร่ ผลผลิตรวม 18,226 ตัน และให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 1,372 กิโลกรัมต่อไร่ (ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567) โดยส่วนใหญ่พันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่นิยมปลูกเป็นชนิดพันธุ์ลูกผสม (hybrid) ที่ให้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพการบริโภคดี ซึ่งมีการปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์เพื่อรองรับความต้องการของเกษตรกร และผู้บริโภคที่มีความหลากหลาย ทั้งพันธุ์การค้าจากภาครัฐ เช่น กวก. ชัยนาท 84–1 กวก. ชัยนาท 2 เป็นต้น และจากภาคเอกชน เช่น สวีทไวโอเล็ท พลอยชมพู เหนียวหวานชมพู เป็นต้น ในการประเมินผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมจำเป็นต้องมีการทดสอบเป็นขั้นตอน และใช้เวลาหลายปี และหลายสภาพแวดล้อมเพื่อศึกษาศักยภาพการให้ผลผลิต การตอบสนองของลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย โดยเปรียบเทียบความดีเด่นต่าง ๆ ร่วมกับพันธุ์ที่เป็นการค้าในปัจจุบัน หรือเป็นพันธุ์การค้าที่เกษตรกร หรือผู้บริโภคมีความนิยมโดยทั่วไป หรือเฉพาะเจาะจงในแต่ละพื้นที่การผลิต (กรมวิชาการเกษตร, 2566)

ในการทดสอบหลายสภาพแวดล้อมมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตในหลายสภาพแวดล้อม หรือเสถียรภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์ใหม่เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้าที่นิยมปลูก ก่อนที่จะแนะนำพันธุ์ใหม่สู่เกษตรกร (Mushayi et al., 2020) ซึ่งในการประเมิน ความแปรปรวนที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม (genotype, G) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (genotype by environment interaction, GE) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะเกี่ยวข้องกับการใช้คุณลักษณะของ singular value decomposition มาช่วยในการเขียนกราฟ GGE biplot ทำให้สามารถแปลผลข้อมูลการปลูกทดสอบในหลายสภาพแวดล้อมได้ง่าย GGE-biplot จึงเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ และอธิบาย G และ GE (Pha et al., 2022; Mushayi et al., 2020; ชูศักดิ์, 2562)

ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท กรมวิชาการเกษตร ได้ปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมมาอย่างต่อเนื่องให้มีผลผลิตสูง มีคุณภาพการบริโภคดี และมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต โดยในปี 2554 ได้เผยแพร่พันธุ์รับรอง พันธุ์ กวก. ชัยนาท 84–1 และปี 2564 เผยแพร่พันธุ์รับรอง พันธุ์ กวก. ชัยนาท 2 ซึ่งทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพการบริโภคดี และมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต (กรมวิชาการเกษตร, 2568) ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมในหลายสภาพแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมดีเด่น จำนวน 8 ลูกผสม จากศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท กรมวิชาการเกษตร ได้แก่ CNW22034 CNW22045 CNW22050 CNW22004 CNW22063 CNW22079 CNW22082 และ CNW22105

2. ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่เป็นพันธุ์การค้าจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ กวก. ชัยนาท 2 จากกรมวิชาการเกษตร พันธุ์พลอยชมพู จากบริษัท วิจัย พัฒนาพันธุ์พืชไทย จำกัด พันธุ์เหนียวหวานชมพู และสวีทไวโอเล็ท จากบริษัท อีสท์ เวสท์ ซีดส์ จำกัด และลูกผสมดีเด่น 1 ลูกผสม คือ CNW18109 จากกรมวิชาการเกษตร

3. ปุ๋ยเคมี 15–15–15 และ 46–0–0

4. สารเคมีกำจัดวัชพืช และสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช

วิธีการ

ดำเนินการในฤดูฝน (มิถุนายน-สิงหาคม) ปี 2567 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ ใช้ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมจำนวน 8 ลูกผสม มีพันธุ์เปรียบเทียบ 5 พันธุ์/ลูกผสม โดยใช้ระยะปลูก 75 x 25 เซนติเมตร ปลูกจำนวน 6 แถวต่อแปลงย่อย แถวยาว 5 เมตร ดำเนินการทดลอง 5 สภาพแวดล้อม คือ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย

เตรียมดิน และใส่ปุ๋ยรองพื้น 15–15–15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อข้าวโพดข้าวเหนียวอายุ 14 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ย 46–0–0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดข้าวเหนียวอายุ 25 วันหลังปลูก และครั้งที่ 2 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดข้าวเหนียวอายุ 40 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวข้าวโพดข้าวเหนียว 4 แถวกลาง ภายหลังวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 18 วัน

การบันทึกข้อมูล

บันทึกผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญตามคู่มือการบันทึกข้อมูลงานวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2562) ดังนี้

1. ลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ จำนวนวันสลัดละอองและวันออกไหม 50% ความสูงต้นและความสูงฝัก จำนวนต้นและจำนวนฝักเก็บเกี่ยว จำนวนวันเก็บเกี่ยวผลผลิต และคะแนนสภาพเปลือกหุ้มฝักเมื่อทำการเก็บเกี่ยว โดยให้คะแนน 1–5 ดังนี้ 1 = เปลือกหุ้มฝักแน่นและยาวเลยปลายฝักมากกว่า 2 เซนติเมตร 2 = เปลือกหุ้มฝักแน่นปิดคลุมปลายฝัก 3 = เปลือกหุ้มฝักยาวเสมอปลายฝัก ปลายเปลือกหุ้มฝักเปิด 4 = เปลือกหุ้มฝักแน่น ปลายฝักโผล่พ้นปลายเปลือกหุ้มฝัก และ 5 = ปลายฝักโผล่พ้นปลายเปลือกหุ้มฝัก เปลือกหุ้มฝักหลวม เห็นเมล็ดบนฝัก

2. ผลผลิต โดยชั่งน้ำหนักฝักทั้งเปลือกและฝักปอกเปลือก

3. ขนาดฝัก โดยวัดความกว้างฝัก (D) ความยาวฝัก (L) และความยาวของส่วนที่ไม่ติดเมล็ด (T) และนับจำนวนแถวเมล็ดต่อฝัก

4 คะแนนการบริโภค ให้คะแนนความชอบจากการบริโภคฝักต้มสุก โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 12 คน ให้คะแนนความเหนียวนุ่ม (Tenderness; TD) = 1–5 (แข็ง-นุ่มมากที่สุด) และความชอบ (Favor; F) = 1–5 (ชอบน้อยที่สุด-ชอบมากที่สุด)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) ตามแผนการทดลอง RCB เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทุกลักษณะด้วย Fisher's LSD (least significant difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ R statistical computing, version 4.2.2. (R Core Team, 2022) และวิเคราะห์อิทธิพลหลักของพันธุกรรมบวกปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GGE) โดยใช้โปรแกรม Plant Breeding Tools: PBTools (Sales et al., 2013)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การประเมินผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม จำนวน 5 สภาพแวดล้อม พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง พันธุ์ สภาพแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม แสดงว่า พันธุ์แต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตแตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อม

โดยลูกผสมที่ให้ผลผลิตทั้งเปลือกสูง 2 อันดับ ได้แก่ CNW22063 (G6) และ CNW22034 (G3) ให้ผลผลิตทั้งเปลือกเฉลี่ย 2,442 และ 2,348 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1) ลูกผสม CNW22063 (G6) ให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์ กวก. ชัยนาท 2 และพลอยชมพูทุกสภาพแวดล้อม ให้ผลผลิตมากกว่าลูกผสมดีเด่น CNW18109 (G2) ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย และให้ผลผลิตสูงไม่แตกต่างทางสถิติกับลูกผสมดีเด่น CNW18109 (G2) ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท และศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์เหนียวหวานชมพูทุกสภาพแวดล้อม ยกเว้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นที่ให้ผลผลิตสูงไม่แตกต่างทางสถิติ และให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์สวีทไวโอเล็ทในทุกสภาพแวดล้อม ยกเว้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัยที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์สวีทไวโอเล็ท

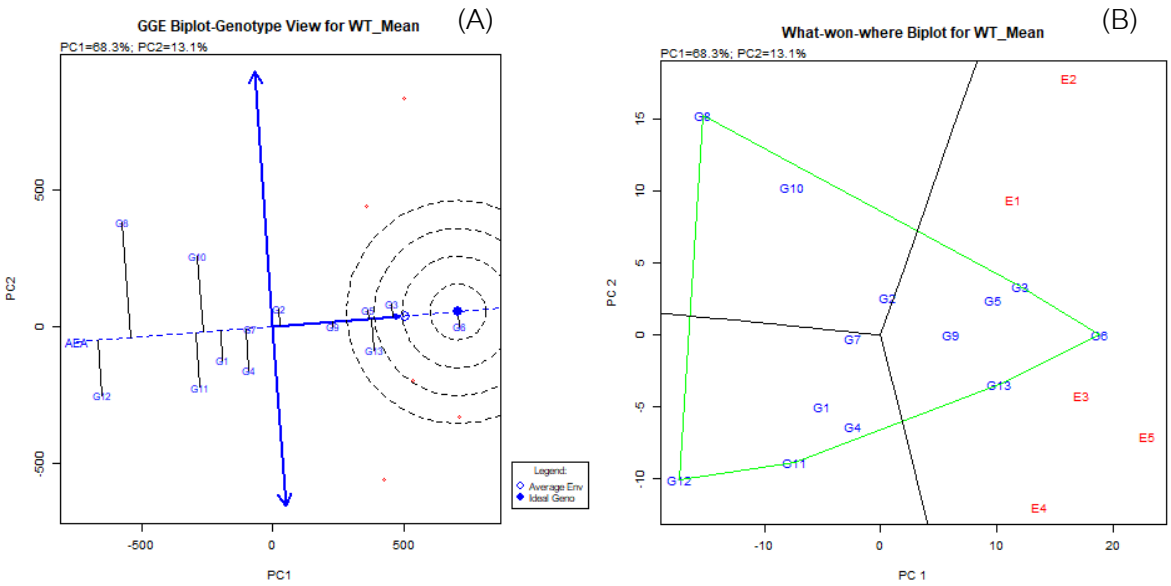
ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่ให้ผลผลิตรองลงมา CNW22034 (G3) ให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์พลอยชมพูในทุกสภาพแวดล้อม ยกเว้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นที่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) ให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์ กวก. ชัยนาท 2 ทุกสภาพแวดล้อม ยกเว้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี และศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นที่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ให้ผลผลิตมากกว่าลูกผสมดีเด่น CNW18109 ในทุกสภาพแวดล้อม ยกเว้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท และศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นที่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์เหนียวหวานชมพูในทุกสภาพแวดล้อม ยกเว้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นที่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ และให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์สวีทไวโอเล็ทในทุกสภาพแวดล้อม ยกเว้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ที่ให้ผลผลิตมากกว่า

เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลหลักของพันธุกรรมบวกปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GGE) ของผลผลิตทั้งเปลือก เพื่อคัดเลือกข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง และมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตในทุกสภาพแวดล้อมที่ทดสอบ โดยพันธุ์ที่อยู่ใกล้พันธุกรรมในอุดมคติ (ideal genotype) เป็นพันธุ์ที่ต้องการคัดเลือก ซึ่งพันธุกรรมในอุดมคติ คือ อยู่ทางทิศตำแหน่งหัวลูกศรบนเส้นตรงค่าเฉลี่ยแกนสภาพแวดล้อม (average-environment axis; AEA) และมีวงกลมล้อมรอบ มีความยาวของเวกเตอร์พันธุกรรมมากที่สุด (มีค่าเฉลี่ยผลผลิตมากที่สุด) เป็นพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของผลผลผลิตสูง และผลผลิตมีเสถียรภาพในทุกสภาพแวดล้อม (ฉลอง และคณะ, 2566) พบว่า ค่าอิทธิพลหลักของพันธุกรรม (PC1) เท่ากับ 68.3% (Fig. 1) และค่าอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (PC2) เท่ากับ 13.1% แสดงว่า กราฟ GGE biplot สามารถอธิบายความแปรปรวนรวมได้รวม 81.4% ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่มีตำแหน่งใกล้กับพันธุกรรมในอุดมคติ คือ CNW22063 (G6) รองลงมา คือ CNW22034 (G3) (Fig. 1A) ทั้ง 2 ลูกผสมให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 4 พันธุ์ และให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์สวีทไวโอเล็ท (G13)

ในลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง (กราฟด้านฝั่งขวา) (Fig 1A) ลูกผสมที่มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตดีที่สุด คือ CNW22105 (G9) CNW22050 (G5) CNW22034 (G3) และ CNW22063 (G6) ตามลำดับ ใกล้เคียงกับลูกผสมดีเด่น CNW18109 (G2) ที่เป็นลูกผสมดีเด่นเปรียบเทียบ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าลูกผสม CNW22063 (G6) มีเสถียรภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์ต่ำกว่า CNW22105 (G9) แต่มีตำแหน่งอยู่ใกล้จุดพันธุกรรมในอุดมคติ เพราะให้ผลผลิตสูงกว่า และมีความสำคัญของค่าอิทธิพลหลักของพันธุกรรม (PC1 = 68.3%) มากกว่าค่าอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (PC2 = 13.1%) จึงให้ความสำคัญของผลผลิตมากกว่าเสถียรภาพของพันธุ์ ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ข้าวโพด

ข้าวเหนียวลูกผสมทั้ง 2 ลูกผสม ได้แก่ CNW22063 (G6) และ CNW22034 (G3) นอกจากที่ให้ผลผลิตสูงแล้ว ยังมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตที่ดีใน 5 สภาพแวดล้อมที่ทดสอบ

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพันธุ์และสภาพแวดล้อมจากกราฟ GGE biplot (which won where biplot) (Fig. 1B) พบว่า สามารถแบ่งสภาพแวดล้อมได้ 1 กลุ่ม โดยลูกผสมที่คัดเลือกให้ผลผลิตดีทั้ง 5 สภาพแวดล้อม เช่นเดียวกับพันธุ์เปรียบเทียบ พันธุ์สวีทไวโอเล็ท (G13)



G = genotype; G1 = DOA Chai Nat 2, G2 = CNW18109, G3 = CNW22034, G4 = CNW22045, G5 = CNW22050, G6 = CNW22063, G7 = CNW22079, G8 = CNW22082, G9 = CNW22105, G10 = CNWS22004, G11 = Niewwhanchompoo, G12 = Ploychompoo, G13 = Sweet Violet , E = environment; E1 = Chiang Mai, E2 = Chai Nat, E3 = Kanchanaburi, E4 = Khon Kaen, E5 = Sukhothai

Fig. 1 The GGE biplot showed (A) the mean performance and stability and (B) the which-won-where biplot of eight waxy corn, four commercial hybrids and one promising hybrid for yield with husk across five environments in the 2024 rainy season

ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่คัดเลือก CNW22063 (G6) และ CNW22034 (G3) ให้ผลผลิตปอกเปลือกเฉลี่ย 1,608 และ 1,566 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1) มากกว่าพันธุ์ กวก. ชัยนาท 2 CNW18109 พลอยชมพู และเหนียวหวานชมพู ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,281 1,419 1,289 และ 1,396 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และให้ผลผลิตปอกเปลือกใกล้เคียงกับพันธุ์สวีทไวโอเล็ทที่ให้ผลผลิต 1,546 กก./ไร่ มีวันสลัดละอองเกสร 50% จำนวน 43 วัน และวันออกไหมจำนวน 46 และ 45 วัน จำนวนวันเก็บเกี่ยว 64 และ 63 วัน ความสูงต้น 194 และ 211 ซม. และความสูงฝัก 97 และ 110 ซม. มีคะแนนเปลือกหุ้มฝัก 1–2 คะแนน (เปลือกหุ้มฝักแน่นและยาวเลยปลายฝักมากกว่า 2 ซม.ถึง เปลือกหุ้มฝักแน่นปิดคลุมปลายฝัก) ความกว้างฝัก 4.5 และ 4.8 ซม. ความยาวฝัก 18.9 และ 17.6 ซม. และจำนวนแถวของเมล็ด 14 และ 16 แถว คะแนนด้านความเหนียวนุ่ม 4 คะแนน (เนื้อมีความเหนียวนุ่มดี) และด้านความชอบโดยรวม 4 คะแนน (ชอบมาก) ซึ่งทั้ง 2 ลูกผสมมีคุณภาพการบริโภคใกล้เคียงกับพันธุ์การค้า และลูกผสมดีเด่นที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่คัดเลือกจะนำไปประเมินผลผลิตในปี 2568 อีกครั้ง และแนะนำสู่เกษตรกรต่อไป

Table 1 The combined analysis of yield with and without husk weight (kg/rai) of eight waxy corn hybrids and check varieties across five environments in the 2024 rainy season

Entry	Hybrid Name	Chiang Mai (E1)		Chai Nat (E2)		Kanchanaburi (E3)		Khon Kaen (E4)		Sukhothai (E5)		Average	
		with husk	without husk	with husk	without husk	with husk	without husk	with husk	without husk	with husk	without husk	with husk	without husk
1	CNW22034 (G3)	2,593	1,774	2,451	1,685	2,475	1,590	1,817	1,214	2,403	1,567	2,348	1,566
2	CNW22045 (G4)	2,377	1,577	1,949	1,345	2,381	1,505	1,554	964	2,203	1,481	2,093	1,374
3	CNW22050 (G5)	2,440	1,537	2,511	1,551	2,256	1,312	1,918	1,281	2,395	1,420	2,304	1,420
4	CNWS22004 (G10)	2,429	1,781	2,297	1,510	2,118	1,406	1,586	984	1,786	1,243	2,043	1,385
5	CNW22063 (G6)	2,407	1,615	2,627	1,847	2,658	1,703	1,938	1,292	2,581	1,582	2,442	1,608
6	CNW22079 (G7)	2,113	1,502	2,242	1,724	2,332	1,444	1,475	983	2,213	1,493	2,075	1,429
7	CNW22082 (G8)	2,193	1,544	2,302	1,677	1,983	1,329	1,221	743	1,748	1,248	1,889	1,308
8	CNW22105 (G9)	2,329	1,529	2,364	1,654	2,328	1,476	1,705	1,141	2,403	1,526	2,226	1,465
9	DOA Chai Nat 2 (G1)	2,233	1,455	2,036	1,291	2,315	1,259	1,597	1,117	2,072	1,285	2,051	1,281
10	CNW18109 (G2)	2,204	1,507	2,430	1,631	2,109	1,342	1,760	1,191	2,216	1,424	2,144	1,419
11	Ploychompoo (G12)	1,865	1,388	1,909	1,394	1,959	1,318	1,656	1,070	1,822	1,275	1,842	1,289
12	Niewwhanchompoo (G11)	2,211	1,568	1,993	1,448	2,062	1,350	1,840	1,237	2,016	1,375	2,024	1,396
13	Sweet Violet (G13)	2,289	1,515	2,431	1,738	2,556	1,746	1,912	1,177	2,337	1,556	2,305	1,546
	Mean	2,272	1,577	2,283	1,561	2,272	1,445	1,691	1,107	2,169	1,421	2,137	1,422
	LSD (0.05)	116	149	304	205	202	121	253	184	118	119	-	-
	C.V. (%)	3.00	5.67	7.93	7.70	5.28	4.99	8.88	10.81	4.95	4.95	6.12	4.42

Table 2 The combined analysis of agronomic characteristics of eight waxy corn hybrids and commercial varieties across five locations in the 2024 rainy season

Entry	Hybrid Name	Days to 50%		Height (cm)		Days to	No. of	Husk cover	Ear size (cm)[2]			No. of	Quality[3]	
		Anthesis	Silking	Plant	Ear	harvest	ear/plot	(1-5)[1]	D	L	T	kernel row	TD	F
1	CNW22034 (G3)	43	45	211	110	63	84	1	4.8	17.6	0.7	16	4	4
2	CNW22045 (G4)	44	45	209	115	64	84	1	4.3	17.0	1.0	16	4	4
3	CNW22050 (G5)	43	45	207	104	64	84	1	4.5	17.2	1.2	16	4	4
4	CNWS22004 (G10)	44	45	204	104	64	84	1	4.4	17.0	0.4	16	3	3
5	CNW22063 (G6)	43	46	194	97	64	84	2	4.5	18.9	0.8	14	4	4
6	CNW22079 (G7)	41	42	197	102	61	84	2	4.8	16.2	0.7	14	4	4
7	CNW22082 (G8)	41	42	175	90	61	84	2	4.6	16.8	2.0	14	4	4
8	CNW22105 (G9)	45	47	188	97	65	84	2	4.4	17.8	0.5	16	4	4
9	DOA Chai Nat 2 (G1)	43	45	208	110	63	84	1	4.4	17.2	0.3	14	4	4
10	CNW18109 (G2)	42	43	179	98	62	84	1	4.5	17.9	1.0	14	4	4
11	Ploychompoo (G12)	42	44	194	97	62	84	1	4.4	16.8	0.2	14	5	5
12	Niewwhanchompoo (G11)	44	45	174	98	64	84	1	4.7	16.1	0.2	14	4	4
13	Sweet Violet (G13)	46	47	214	117	65	84	2	4.4	18.9	1.7	14	4	4
	Mean	43	45	196	103	63	84	1	4.5	17.3	0.8	16	4	4
	LSD (0.05)	2.0	2.2	19.9	16.1	2.1	-	-	0.3	1.4	-	1.32	-	-
	C.V. (%)	2.9	3.0	6.5	10.4	2.1	-	-	5.8	4.9	-	5.73	-	-

[1] Husk cover score = 1–5 (best-poorest) [2] Ear size: Ear diameter (D), Ear length (L) and Tip blank (T)

[3] Quality bite test score: Tenderness; TD = 1–5 (tender least-most tender) Favor; F = 1–5 (least favorite-most favorite)

สรุป

ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมดีเด่นที่ให้ผลผลิตสูง มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตดีทั้ง 5 สภาพแวดล้อม และมีคุณภาพการบริโภค และลักษณะทางการเกษตรดี มีจำนวน 2 ลูกผสม ได้แก่ CNW22063 และ CNW22034 ให้ผลผลิตทั้งเปลือกเฉลี่ย 2,442 และ 2,348 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตปอกเปลือก 1,608 และ 1,566 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มีจำนวนวันเก็บเกี่ยว 64 และ 63 วัน ความกว้างฝัก 4.5 และ 4.8 ซม. ความยาวฝัก 18.9 และ 17.6 ซม. และจำนวนแถวของเมล็ด 14 และ 16 แถว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประเภททุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2566. คู่มือคำแนะนำการจัดทำเอกสารประกอบการเสนอขอรับรองพันธุ์ พันธุ์รับรอง พันธุ์แนะนำ. กลุ่มระบบวิจัย กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2568. ฐานข้อมูลพันธุ์พืชและเชื้อพันธุกรรมพืช: ฐานข้อมูลพันธุ์รับรองและพันธุ์แนะนำ.

ฉลอง เกิดศรี, ภานุวัฒน์ ศิลปศักดิ์ขจร, วรรษมน มงคล, และคณะ. 2566. การประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานลูกผสมด้วยการวิเคราะห์ GGE biplot. ใน: การประชุมวิชาการสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ประจำปี 2566. อาคารที่พักสวัสดิการ ทอ. อ่าวมะนาว, ประจวบคีรีขันธ์, หน้า 14–27.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2562. วิธีวิเคราะห์ทางพันธุศาสตร์ปริมาณในการปรับปรุงพันธุ์พืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. 2567. รายงานสถิติทางการเกษตร พืชอายุสั้น (รต.001) จำแนกตามพืช/แมลง กลุ่มพืชผัก ชนิดข้าวโพดรับประทานฝักสด. (in Thai)

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2562. การบันทึกข้อมูลงานวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

Mushayi, M., Shimelis, H., Derera, J., Shayanowako, A.I., Mathew, I. 2020. Multi-environmental evaluation of maize hybrids developed from tropical and temperate lines. Euphytica 216: 1–14. doi.org/10.1007/s10681-020-02555-1

Pha, R., Jompuk, P., Jompuk, C. 2022. Grain yield stability of maize genotypes grown in paddy fields. J. Sci. Technol. 12: 482–499. doi.org/10.14456/jcst.2022.37

R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Sales, N., Bartolome, V., Cañeda, A., et al. 2013. Plant breeding tools: Software for plant breeders. In: Proc. Natl. Conv. Stat. Mandaluyong, Philippines, pp. 1–40.

ผลของความเข้มข้นคลอรีนไดออกไซด์ต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย

Efficacy of chlorine eioxide concentrations on the inhibition of fungal pathogens causing fruit rot in longan

บุญญวดี จิระวุฒิ*, รัตตา สุทธยาคม, วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย

Boonyawadee Chirawut*, Ratta Suttayakom, Weeraporn Dejnumbunchachai

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperation, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

โรคผลเน่าของลำไยเป็นปัญหาสำคัญของการส่งออก สาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อราหลายชนิด ได้แก่ *Lasiodiplodia* sp. , *Phomopsis* sp., และ *Colletotrichum* sp. โดยเฉพาะเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ทำให้เกิดอาการของโรคผลเน่ารุนแรงที่สุด งานวิจัยนี้ศึกษาผลของคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย โดยทำการทดสอบความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 25, 20, 15, 10 และ 5 มก./ล. ต่อการยับยั้งเส้นใยเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp., *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp. พบว่า คลอรีนไดออกไซด์ 25 มก./ล. สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทั้งสามชนิดได้อย่างสมบูรณ์ ความเข้มข้น 20 มก./ล. ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp. ได้ 100% และ ความเข้มข้น 15 มก./ล. ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้อย่างสมบูรณ์เพียงชนิดเดียว ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าคลอรีนไดออกไซด์มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นสารเคมีเพื่อควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยวได้

คำสำคัญ: คลอรีนไดออกไซด์, โรคผลเน่า, ลำไย

Abstract

Fruit rot is a major problem affecting the export of longan fruit, caused by several fungal pathogens including *Lasiodiplodia* sp., *Phomopsis* sp., and *Colletotrichum* sp.. Among these, *Lasiodiplodia* sp. is the most aggressive, leading to severe symptoms of fruit rot. This study investigated the effects of chlorine dioxide at different concentrations on the inhibition of fungal pathogens associated with longan fruit rot. Five concentrations of chlorine dioxide (25, 20, 15, 10, and 5 mg/L) were tested against the mycelial growth of *Lasiodiplodia* sp., *Phomopsis* sp., and *Colletotrichum* sp. The results showed that chlorine dioxide at 25 mg/L completely inhibited the mycelial growth of all three fungi. At 20 mg/L, complete inhibition was observed for *Phomopsis* sp., and *Colletotrichum* sp., while 15 mg/L completely inhibited *Colletotrichum* sp. only. These findings demonstrate that chlorine dioxide has strong potential for application as a chemical control agent for controlling fruit rot fungal pathogens in longan.

Keywords: Chlorine dioxide, Fruit rot disease, Longan

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการวางขายเกือบตลอดทั้งปี เนื่องจากสามารถปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศ แหล่งผลิตลำไยที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และจันทบุรี ตลาดส่งออกหลักคือ สาธารณรัฐประชาชนจีนมากกว่า 90% การขนส่งไปต่างประเทศรวมถึงการวางจำหน่ายที่ตลาดปลายทางใช้ระยะเวลานาน ซึ่งลำไยเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น เกิดการเน่าเสียได้ง่าย เนื่องจากมีสาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อราหลายชนิด เชื้อราที่ทำให้เกิดอาการผลเน่ารุนแรง ได้แก่ *Lasiodiplodia* sp. และพบเชื้อราชนิดนี้มีการเข้าทำลายมากที่สุดเท่ากับ 35.72% (เอมลิน และคณะ, 2564) เพื่อควบคุมการเน่าเสียระหว่างการขนส่ง จึงมีการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) รมผลลำไย เนื่องจากสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งเป็นวิธีการที่ให้ผลดีที่สุด เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในทางการค้า แต่การรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ทำให้มีปริมาณสารตกค้างในผลลำไยสูงเกินค่ามาตรฐานที่ประเทศปลายทางกำหนด ตั้งแต่ช่วงปลายเดือนกรกฎาคม 2568 สาธารณรัฐประชาชนจีนมีการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานการตรวจสอบสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง โดยเปลี่ยนจากการตรวจเฉพาะเนื้อเป็นการตรวจทั้งผล โดยให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างไม่เกิน 50 มก./ล. (ppm)

การลดการเน่าเสียของลำไยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา จึงต้องหาวิธีการทดแทนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีรายงานว่าคลอรีนไดออกไซด์เป็นสารที่มีความปลอดภัยสูง ได้รับอนุญาตให้ใช้คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) สำหรับฆ่าเชื้อในอาหาร น้ำดื่ม ผัก ผลไม้ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบอุตสาหกรรมอาหาร โดยกำหนดความเข้มข้นของคลอรีนไดออกไซด์ที่ใช้ต้องไม่เกิน 200 มก./ล. และตกค้างได้ไม่เกิน 3 มก./ผลผลิต 1 กก. (Parish et al., 2003) จากงานวิจัย Reyes-Perez et al. (2019) พบว่า สปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ถูกยับยั้งการงอกได้ทั้งหมดด้วยคลอรีนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 3 และ 5 มก./ล. และยังสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 68 และ 77% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการใช้ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 10 มก./ล. รมผลลำไย เป็นเวลา 10 นาที สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคจากเชื้อ *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp. และ *Lasiodiplodia* sp. เท่ากับ 37.5, 75.0 และ 20.0% และลดดัชนีการเกิดโรคจากเชื้อราแต่ละชนิด เท่ากับ 28.0, 38.0 และ 31.3% ตามลำดับ (นิติยา, 2559) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นคลอรีนไดออกไซด์ต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งอาจสามารถกำหนดเป็นแนวทางในการควบคุมโรคผลเน่าของลำไย และลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลำไย ยืดอายุการวางจำหน่ายที่ตลาดปลายทางได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย

แยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย โดยการตัดเนื้อเยื่อของเปลือกบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อเยื่อปกติและเนื้อเยื่อที่แสดงอาการของโรค ขนาด 5 x 5 มม. นำชิ้นเนื้อเยื่อแช่ในสารละลาย sodium hypochlorite ความเข้มข้น 0.6% นาน 3 นาที ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วนำมาวางในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง (25±2 °C) เป็นเวลา 7 วัน แยกเชื้อให้บริสุทธิ์ นำมาทดสอบการก่อโรค โดยคัดเลือกผลลำไยที่สมบูรณ์ปลูกเชื้อราที่แยกได้จากผลลำไย ด้วยวิธีทำแผลบริเวณกลางผลแล้ววางชิ้นวุ้นของเชื้อรา เก็บในถุงพลาสติกชื้น บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชม. หลังจากนั้นเอาชิ้นวุ้นออก วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกลักษณะอาการของโรคในวันที่ 2 และ 3 หลังการปลูกเชื้อ โดยตัดเปลือกและเนื้อลำไยบริเวณที่ปลูกเชื้อ นำมาวางบนอาหาร PDA เพื่อตรวจชนิดของเชื้อราที่แยกได้ต้องเป็นชนิดเดียวกับที่ปลูกเชื้อลงบนผลลำไย และทำให้เกิดอาการโรคผลเน่า เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ทดสอบประสิทธิภาพของคลอรีนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย

นำเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไยที่เลี้ยงไว้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเวลา 7 วัน ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. เจาะเส้นใยรอบโคโลนีของเชื้อรา แล้วนำชิ้นวุ้นที่ได้วางตรงกลางผิวหน้าอาหาร PDA ควำ่จานเลี้ยงเชื้อ แล้วหยดสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาณ 150 ไมโครลิตร บนกระดาษกรองกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มม. วางตรงกลางฝาจานเลี้ยงเชื้อ พันขอบจานเลี้ยงเชื้อด้วยพาราฟิล์ม เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25±2 ºC) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เปรียบเทียบ 6 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีควบคุม (น้ำ)	กรรมวิธีที่ 4	คลอรีนไดออกไซด์ 15.0 มก./ล.
กรรมวิธีที่ 2	คลอรีนไดออกไซด์ 25.0 มก./ล.	กรรมวิธีที่ 5	คลอรีนไดออกไซด์ 10.0 มก./ล.
กรรมวิธีที่ 3	คลอรีนไดออกไซด์ 20.0 มก./ล.	กรรมวิธีที่ 6	คลอรีนไดออกไซด์ 5.0 มก./ล.

บันทึกผล วันที่ 1 3 และ 7 หลังการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง

การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา (%) โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา นำค่าที่ได้มาคำนวณ 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 2–6

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โดยวิธี Least significant difference test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Statistix

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย

เชื้อราที่แยกได้จากผลลำไยที่แสดงอาการโรคผลเน่า พบเชื้อรา 3 ชนิด คือ *Lasiodiplodia* sp., *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp.

Lasiodiplodia sp. โคโลนีบนอาหาร PDA เส้นใยสีเทาดำ สร้าง fruiting body แบบพิคนิเดีย (pycnidia) ผนังหนา สีดำ ภายในพิคนิเดียม ประกอบด้วย พาราไฟซิส (paraphyses) รูปทรงกระบอก ใส ไม่มีสี และโคนิดิโอฟอร์ (conidiophore) ให้กำเนิดโคนิเดีย (conidia) ระยะแรกมีเซลล์เดียว ใสไม่มีสี รูปไข่ถึงยาวรี เมื่อโคนิเดียแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม สร้างผนังกั้น (septate) แบ่งเป็นสองเซลล์ ผนังสปอร์ค่อนข้างหนา ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่รายงานโดย รัติยา (2568)

ลักษณะอาการของโรคผลเน่า เกิดจากเชื้อรา Lasiodiplodia sp.

เปลือกผลเริ่มมีรอยคล้ำสีน้ำตาล ฉ่ำน้ำ แผลจะขยายลามอย่างรวดเร็ว ลงไปในเปลือกด้านใน จนไปถึงเนื้อ หลังจากปลูกเชื้อ เป็นเวลา 2 วัน สามารถตรวจพบในเนื้อบริเวณที่มีการปลูกเชื้อรา เนื้อลำไยยังคงสีขาวอยู่ และจะแสดงอาการรุนแรงอย่างรวดเร็ว ในวันที่ 3 หลังการปลูกเชื้อ เปลือกภายนอกมีสีน้ำตาลเข้ม นิ่ม มีน้ำเยิ้ม เนื้อลำไยเน่าเละสีเหลืองอมน้ำตาล ลามอย่างรวดเร็วทั้งผล (Figs. 1A–1B)

Phomopsis sp. โคโลนีบนอาหาร PDA เส้นใยสีขาว ค่อนข้างหยาบ ขอบโคโลนีไม่เรียบ มีลักษณะฟูหรือเป็นเส้นใยคล้ายขนนก เชื้อราสร้าง fruiting body แบบพิคนีเดีย ลักษณะกลม ผนังหนา สีน้ำตาลดำ อาจเกิดหลาย ๆ พิคนีเดียรวมกัน หรือเกิดเดี่ยว ๆ ก็ได้ มีปากเปิด เชื้อราสร้างโคนีเดีย 2 แบบ คือ อัลฟาโคนิเดีย (alpha conidia) มีเซลล์เดียว สีใส รูปร่างหัวท้ายเรียวแหลม และ เบต้าโคนีเดีย (beta conidia) มี เซลล์เดียว ใสไม่มีสี รูปร่างเป็นเส้นยาว เรียว ส่วนปลายโค้งงอคล้ายตะขอ ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่รายงานโดย รัติยา (2568)

ลักษณะอาการของโรคผลเน่า เกิดจากเชื้อรา Phomopsis sp.

เปลือกมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น เมื่อเชื้อราเข้าทำลาย และจะลามเข้าไปเปลือกชั้นในเป็นสีน้ำตาลเข้ม ขนาดใกล้เคียงกับเปลือกด้านนอก สามารถตรวจพบเชื้อราในเนื้อลำไยบริเวณที่มีการปลูกเชื้อ และจะเน่าลามมากขึ้นขยายวงกว้างจะสังเกตได้ชัดเจนบริเวณเปลือกด้านในมีสีน้ำตาลเข้ม แต่เนื้อลำไยยังคงมีสีขาว หลังการปลูกเชื้อ เป็นเวลา 3 วัน อาการของโรคไม่รุนแรงเท่ากับการเข้าทำลายของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. (Figs. 1C–1D)

Colletotrichum sp. โคโลนีบนอาหาร PDA เส้นใยสีขาวเทาจนถึงเทาเข้ม สร้างกลุ่มโคนิเดียสีส้ม มีโครงสร้างคล้ายหนาม เรียกว่า ซีเต้ (setae) สีน้ำตาลปนดำปนอยู่กับกลุ่มโคนิเดีย เชื้อราสร้าง fruiting body แบบอะเซอวูลัส (acervulus) ลักษณะเป็นรูปถ้วย โคนิดิโอฟอร์เป็นก้านตรงเซลล์เดียว ใสไม่มีสี เกิดอยู่ในอะเซอวูลัส ที่ปลายโคนิดิโอฟอร์สร้างโคนิเดีย เซลล์เดียว ใสไม่มีสี ทรงกระบอก หัวท้ายมน ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่รายงานโดย รัติยา (2568)

ลักษณะอาการของโรคผลเน่า เกิดจากเชื้อรา Colletotrichum sp.

บริเวณผิวเปลือกหลังการปลูกเชื้อรา 2 วัน เริ่มแสดงอาการแผลสีน้ำตาลขนาดเล็ก สังเกตการเข้าทำลายของเชื้อราได้ชัดเจนจากเนื้อเยื่อเปลือกด้านใน แผลจะขยายวงกว้างขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันที่ 3 เมื่อเทียบกับการเข้าทำลายของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. และ *Phomopsis* sp. แต่อย่างไรก็ตามสามารถตรวจพบเชื้อราในเนื้อลำไยบริเวณที่ปลูกเชื้อ (Figs. 1E–1F)

ทดสอบประสิทธิภาพของคลอรีนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย

การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย 3 ชนิด ได้แก่ เชื้อรา *Lasiodiplodia* sp., *Phomopsis* sp.และ *Colletotrichum* sp. ด้วยวิธีการรมคลอรีนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 25 20 15 10 และ 5 มก./ล. เปรียบเทียบกับ น้ำ (กรรมวิธีควบคุม) ซึ่งคลอรีนไดออกไซด์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1–3) พบว่าคลอรีนไดออกไซด์ 25 มก./ล. สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ได้อย่างสมบูรณ์ (100%) ความเข้มข้น 20 มก./ล. ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp. ได้ 100% และ ความเข้มข้น 15 มก./ล. ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้อย่างสมบูรณ์เพียงชนิดเดียว (Table 1–3) ซึ่งมีรายงานว่าคลอรีนไดออกไซด์ทำลายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ เปลี่ยนแปลงความสามารถในการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ และทำให้สารภายในเซลล์รั่วไหลออกมา จนนำไปสู่การตาย

ของเซลล์ (Jiang et al., 2024) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราและระยะเวลาที่ใช้ในการรมคลอรีนไดออกไซด์

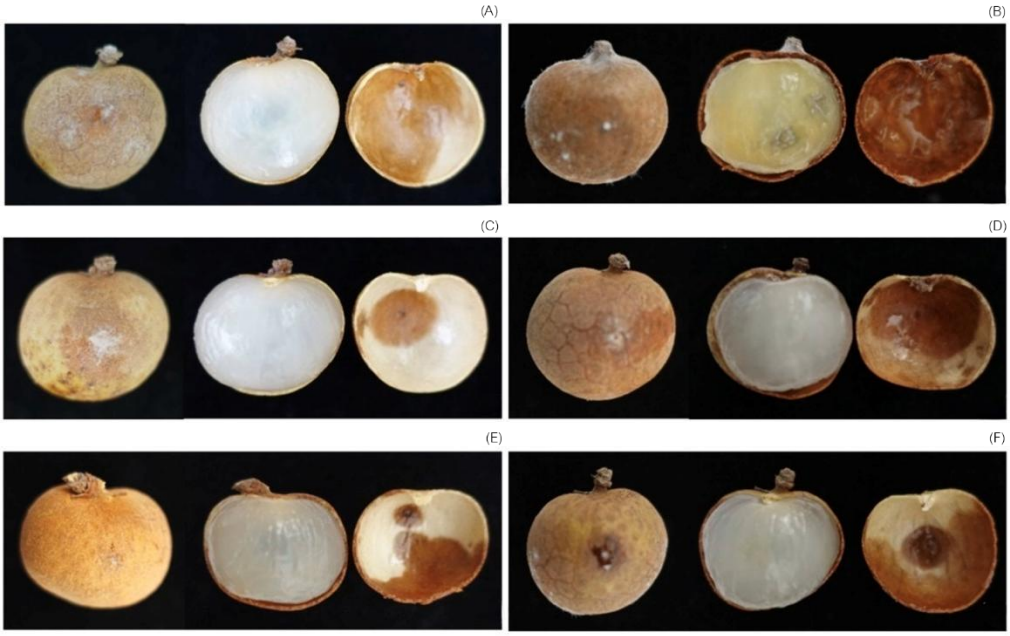


Fig. 1 Longan fruit rot symptoms at 2 and 3 days after inoculation.
(A) 2 days after inoculation with *Lasiodiplodia* sp. (B) 3 days after inoculation with *Lasiodiplodia* sp.
(C) 2 days after inoculation with *Phomopsis* sp. (D) 3 days after inoculation with *Phomopsis* sp.
(E) 2 days after inoculation with *Colletotrichum* sp. (F) 3 days after inoculation with *Colletotrichum* sp.

ความเข้มข้นของคลอรีนไดออกไซด์ที่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ อาจเนื่องมาจากระดับความเข้มข้นของคลอรีนไดออกไซด์นั้นเพียงแค่ทำให้การเจริญของเส้นใยเชื้อราช้าลงเท่านั้น และประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อราลดลงเมื่อระยะเวลานานขึ้น โดยเฉพาะเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ซึ่งเป็นเชื้อราที่เจริญอย่างรวดเร็ว พบว่าในวันที่ 7 หลังรมคลอรีนไดออกไซด์ 20 15 10 และ 5 มก./ล. ไม่สามารถยับยั้งได้ ส่วนเชื้อรา *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp. ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน ความเข้มข้นของคลอรีนไดออกไซด์ที่ไม่สามารถยับยั้งได้สมบูรณ์ หลังรมเป็นเวลา 7 วัน การเจริญของเส้นใยเชื้อราใกล้เคียงกับกรรมวิธีควบคุม (Fig. 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของนิติยา (2559) พบว่าโคโลนีเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ที่รมด้วยก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ 10 มก./ล. โคโลนีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการบ่มเชื้อโดยในวันที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่รมก๊าซคลอรีนไดออกไซด์) สามารถลดการเจริญของเชื้อราได้ 53.43–89.06% โดยก๊าซคลอรีนไดออกไซด์สามารถลดการเจริญของเชื้อราได้สูงสุด 89.06% ในวันที่ 1

Table 1 Effect of chlorine dioxide at various concentrations to inhibit mycelial growth of *Lasiodiplodia* sp. on PDA after 1, 3 and 7 days of incubation

treatment	Mycelial growth inhibition[1] (%)		
	1 day	3 day	7 day
ClO_2 25 mg/L	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ClO_2 20 mg/L	78.32 b	16.55 b	0.22 b
ClO_2 15.mg/L	69.45 c	7.99 c	0.00 b
ClO_2 10 mg/L	59.13 d	4.11 d	0.00 b
ClO_2 5 mg/L	35.92 e	0.00 e	0.00 b
F-test	**	**	**
CV (%)	5.01	10.90	1.11

[1] Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 95% by LSD

** = significant at $p < 0.01$

Table 2 Effect of chlorine dioxide at various concentrations to inhibit mycelial growth of *Phomopsis* sp. on PDA after 1, 3 and 7 days of incubation

treatment	Mycelial growth inhibition[1] (%)		
	1 day	3 day	7 day
ClO_2 25 mg/L	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ClO_2 20 mg/L	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ClO_2 15.mg/L	69.31 b	39.86 b	12.66 b
ClO_2 10 mg/L	36.82 c	10.69 c	0.00 c
ClO_2 5 mg/L	6.52 d	0.00 d	0.00 c
F-test	**	**	**
CV (%)	13.44	12.11	4.38

[1] Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 95% by LSD

** = significant at $p < 0.01$

Table 3 Effect of chlorine dioxide at various concentrations to inhibit mycelial growth of *Colletotrichum* sp. on PDA after 1, 3 and 7 days of incubation

treatment	Mycelial growth inhibition[(1)] (%)		
	1 day	3 day	7 day
ClO_2 25 mg/L	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ClO_2 20 mg/L	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ClO_2 15.mg/L	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ClO_2 10 mg/L	43.65 b	9.69 b	16.74 b
ClO_2 5 mg/L	20.37 c	2.53 c	0.00 c
F-test	**	**	**
CV (%)	4.40	2.91	11.94

[(1)] Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 95% by LSD

** = significant at $p < 0.01$

สรุป

โรคผลเน่าของลำไยมีสาเหตุจากเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp., *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp. ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาและความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน ทั้งนี้เชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. เป็นเชื้อราที่มีความรุนแรงที่สุด ทำให้ผลเน่าเละและอาการลุกลามอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อรา *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp. ทำให้เกิดอาการเน่า และลามช้ากว่า

คลอรีนไดออกไซด์เป็นแนวทางใหม่ที่นำมาใช้เพื่อยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา พบว่าความเข้มข้นสูงสุด 25 มก./ล. สามารถยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp., *Phomopsis* sp. และ *Colletotrichum* sp. ได้สมบูรณ์ (100%) ส่วนความเข้มข้น 20 มก./ล. ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 2 ชนิด ยกเว้น *Lasiodiplodia* sp และ ความเข้มข้น 15 มก./ล. ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้อย่างสมบูรณ์เพียงชนิดเดียว คลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้นต่ำจะมีประสิทธิภาพสูงในวันแรกหลังการรม และจะลดลงเรื่อย ๆ จนไม่สามารถยับยั้งเชื้อราเมื่อเวลานานขึ้น

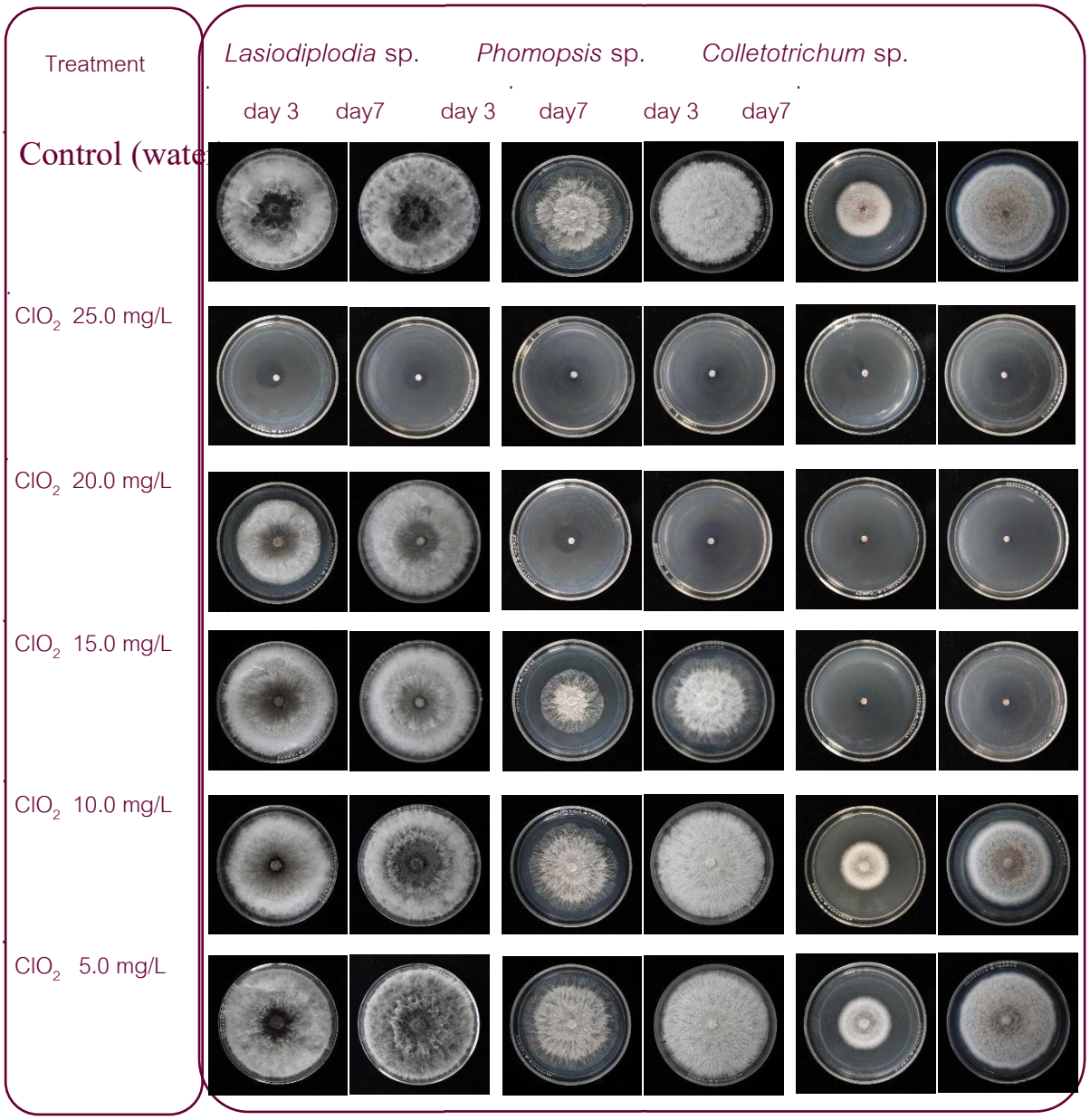


Fig. 2 Mycelial growth of longan pathogens was evaluated on PDA medium containing five concentrations of chlorine dioxide (25, 20, 15, 10 and 5 mg/L) and incubated at room temperature (25 ± 2 ºC) for 3 and 7 days

เอกสารอ้างอิง

นิติยา กันธิยะ. 2559. การใช้คลอรีนไดออกไซด์เพื่อควบคุมโรคผลเน่าจากเชื้อราของผลลำไยพันธุ์ดอหลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รัติยา พงศ์พิสุทธา. 2568. เชื้อราอุบัติใหม่ในไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ. เพชรเกษมการพิมพ์, นครปฐม. 290 หน้า.

เอมลิน พิพัฒนภักดี, ดนัย บุญยเกียรติ, ฉันทลักษณ์ ติยายน, พิมพ์ใจ สีหะนาม, อรอุมา เรืองวงษ์. 2564. การสำรวจโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว. ว.วิทย. กษ. 52: 61–64.

Jiang, Y., Qiao, Y., Jin, R., Jia, M., Liu, J., He, Z., Liu, Z. 2024. Application of chlorine dioxide and its disinfection mechanism. Arch. Microbiol. 206: 440. doi.org/10.1007/s00203-024-04137-7

Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.W., Harris, L.J., Garrett, E.H., Farber, J.N., Busta, F.F. 2003. Methods to reduce or eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2: 161–173.

Reyes-Perez, J.J., Vero, S., Diaz-Rivera, E., Lara-Capistran, L., Noa-Carrazana, J.C., Hernandez-Montiel, L.G. 2019. Application of chlorine dioxide (ClO_2) and marine yeasts to control postharvest anthracnose disease in mango (Mangifera indica L.). Cien. Inv. Agr. 46: 266–275. doi.org/10.7764/rcia.v46i3.2157

Antifungal and antibacterial activities of *Melaleuca cajuputi* leaf extract against *Fusarium oxysporum*, *Geotrichum candidum, and Escherichia coli*

Ei Nandar KYAW, Pattarawadee Sumthong Nakmee*

Program in Natural Products Science and Technology, Department of Resources and Environment, Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart University, Sri Racha Campus, Chonburi 20230, Thailand

*Corresponding author. E-mail: pattarawadee.sum@ku.th

Abstract

This study has investigated the antifungal and antibacterial activities of *Melaleuca cajuputi* leaf methanolic extract against *Fusarium oxysporum*, *Geotrichum candidum*, and *Escherichia coli* by disc diffusion and serial dilution assays. The inhibition zones of *Fusarium oxysporum* were observed after 5 days. In the serial dilution assay, the leaf extract at 6.25 µg/mL showed greater inhibition than itraconazole between 36 and 48 hours of incubation, meanwhile, the leaf extract exhibited weak antifungal activity against *G. candidum*. Antibacterial testing against *E. coli* showed a concentration dependent manner, with at the high concentrations showed greater bacterial growth suppression at 12 and 24 hours. These results indicated that *M. cajuputi* leaf extract possessed moderate antifungal and antibacterial activities which may serve as a natural antimicrobial candidate for further study.

Keywords: *Escherichia coli, Fusarium oxysporum, Geotrichum candidum, Melaleuca cajuputi*

Introduction

Melaleuca cajuputi is a member of the family Myrtaceae and widely distributed in Southeast Asia, including Thailand, Indonesia, and Malaysia. The leaf of *M. cajuputi* is known to contain various bioactive compounds, particularly terpenoids, phenolics, and essential oil constituents, which associated with antimicrobial, antioxidant, and allelopathic activities. Previous study has reported that the leaf extract of *M. cajuputi* inhibited weed seed germination which supported its potential use as a natural resource of antimicrobial agents (Nakmee et al., 2023).

Fusarium oxysporum is a ubiquitous soil-borne fungal pathogen and casual agent of Fusarium wilt disease in a wide range of economically important crops. Plant pathogenic strains of *F. oxysporum* infect agricultural crops such as tomato, banana, sweet potato, onion, legumes, and watermelon, as well as ornamental plants including tulips, carnations, and orchids. Fusarium wilt is characterized by browning of vascular tissues, leaf drooping, progressive wilting, necrosis, defoliation, and eventual plant death. The pathogen is highly persistent in soil and displays substantial genetic diversity, which strong recommend to use integrate disease management and reduces fungicidal applications and resistant cultivars (Rahman et al., 2021; Jackson et al., 2024). These challenges increased the interested in alternative biocontrol strategies, including the use of plant-derived antifungal compounds.

Geotrichum candidum is a yeast-like filamentous fungus commonly associated with food spoilage. It has been isolated from fresh-cut and processed fruits and vegetables, including canned tomato paste, frozen green beans, citrus fruits and juices, and chopped carrots, which are particularly susceptible to soft-rot spoilage caused by this species. Growth of *G. candidum* in food products can result in undesirable texture and flavor changes, leading to reduced product quality and economic losses (Bento de Carvalho et al., 2024). Although *G. candidum* was recognized for biotechnological applications, such as fermentation and enzyme production, its spoilage potential highlights the importance of controlling its growth in food systems (Kamilari et al., 2023).

Escherichia coli is a well-known bacterial species associated with foodborne illness and food safety concerns. Pathogenic strains of *E. coli* which linked to contamination of fresh vegetables through irrigation water, soil, and risks to public health. Inadequate hygiene during food production and handling could facilitated bacterial transmission. These issues emphasize the need for effective antimicrobial agents to reduce bacterial contamination in food products and improve food safety (Luna-Guevara et al., 2019; Adefrash et al., 2024).

In response to the growing demand for natural and environmentally sustainable antimicrobial agents, plant-derived extracts have emerged as promising alternatives to synthetic chemicals. However, the studies of antimicrobial potentials of *M. cajuputi* leaf extract against *F. oxysporum*, *G. candidum*, and *E. coli* are still limited.

Therefore, the objective of this study was to evaluate the antifungal activity of *Melaleuca cajuputi* leaf extract against *Fusarium oxysporum* and *Geotrichum candidum*, and its antibacterial activity against *Escherichia coli* using *in vitro* screening assays.

Materials and Methods

Plant Material and Preparation of Melaleuca cajuputi Leaf Extract

Leaves of *Melaleuca cajuputi* were collected, washed to remove surface contaminants, and dried in a hot-air oven at 65–70 °C for 48 h. The dried leaves were ground into fine powder and sieved to obtain particle sizes passing through a 50–100 mesh. The powdered plant material was macerated with methanol at room temperature for 72 h. After extraction, the solvent was removed using a rotary evaporator under reduced pressure until a completely dry crude extract was obtained. The extract was stored at 4 °C until further use. This extraction procedure followed the method described by (Nakmee et al., 2023).

Antifungal Activity Against Geotrichum candidum and Fusarium oxysporum by Disc Diffusion Assay

Preliminary antifungal activity of *M. cajuputi* leaf extract against *G. candidum* and *F. oxysporum* was evaluated using the paper disc diffusion method. Potato Dextrose Agar (PDA) plates were used to culture fungi tested. Sterile paper discs were impregnated with 20 µL of extract solutions at three concentrations: 1.66, 3.33, and 6.66 mg per disc, and placed on the surface of the inoculated agar plates. Paper discs loaded with methanol were served as a negative control. Plates were incubated at room temperature, and inhibition zones were observed and recorded after 5 and 10 days. Antifungal disc diffusion assays were conducted using three independent plates per treatment. The disc diffusion assay provides an initial indication of antifungal potential through inhibition zone formation (Gonzalez-Pastor et al., 2023).

Antifungal Activity Against Fusarium oxysporum by a broth serial dilution assay

Quantitative antifungal activity of *M. cajuputi* leaf extract against *F. oxysporum* was evaluated using a broth serial dilution assay, following the method described by Vanegas et al. (2021), with minor modifications. A fungal spore suspension was prepared and adjusted to an optical density (OD) of 0.10 at 600 nm, then diluted to a final OD of 0.06. Serial dilutions of the crude extract were prepared in Potato dextrose broth. Each well of a 96-well microplate filled with 100 µL of extract solution and 100 µL of the spore suspension.

Microplates were incubated at 25±1 °C, and fungal growth was monitored by measuring absorbance at 600 nm each hour. Itraconazole was used as a positive control, while wells containing fungal suspension without extract served as the negative control. Percentage inhibition of fungal growth was calculated using the following equation:

$$\%\text{Inhibition} = \frac{(\text{Treated OD})}{\text{Control OD}} \times 100 \qquad (1)$$

The broth microdilution method was selected as it allows quantitative and concentration-dependent evaluation of antifungal activity and it is recommended for testing plant extracts with limited diffusion in solid media (Eloff, 2019).

Antibacterial Activity Against Escherichia coli

The antibacterial activity of *M. cajuputi* leaf extract against *Escherichia coli* was evaluated using a broth serial dilution assay, following the method described by Purnama et al. (2024), with minor modifications. Bacteria *E. coli* suspension was prepared in nutrient broth and adjusted to an optical density of 0.5±0.1. A serial dilution of the crude extract were loaded in a 96-well microplate. Penicillin was used as a positive control, while bacterial suspension without extract served as a negative control.

After serial dilution, 150 µL of bacterial suspension was added to each well. The microplate was incubated in a microplate rader (SPECTROstar Nano microplate reader, Germany) at 28.4 °C with shaking at 100 rpm for 15 seconds each hour. Bacterial growth inhibition was monitored by measuring absorbance at 595–600 nm for 24h. (Dagne et al., 2025).

All experiments were performed in triplicate unless otherwise stated. Antifungal disc diffusion assays were conducted using three independent plates per treatment. Broth serial dilution assays for antifungal and antibacterial activities were performed in triplicate wells for each concentration. Data are presented as mean ± standard error (SE). Statistical analyses were conducted using Microsoft Excel, and differences between treatments were evaluated descriptively based on percentage inhibition.

Results and Discussion

Antifungal Activity Against Fusarium oxysporum

The antifungal activity of *Melaleuca cajuputi* leaf extract against *Fusarium oxysporum* was evaluated using disc diffusion and broth serial dilution assay. In the disc diffusion test, slightly to moderate inhibition zones were observed around discs with 1.66 and 6.66 mg concentrations after 5 days of incubation (Fig. 1A). No inhibition zones were observed in the negative control (Fig. 1A). After 10 days, distinct inhibition zones were no longer present, suggesting that early inhibitory effects decreased after longer incubation (Fig. 1B).

The antifungal activity against *F. oxysporum* observed in the disc diffusion assay was limited and decreased with prolonged incubation. This pattern is consistent with the report that plant extracts, including *M. cajuputi*, often exhibit early growth suppression rather than sustained fungicidal effects against phytopathogenic fungi (Suwandee et al., 2023). In addition, studies on *Melaleuca* species have demonstrated that antifungal activity may depend strongly on extract composition, concentration, and exposure time (Paramalingam et al., 2023).

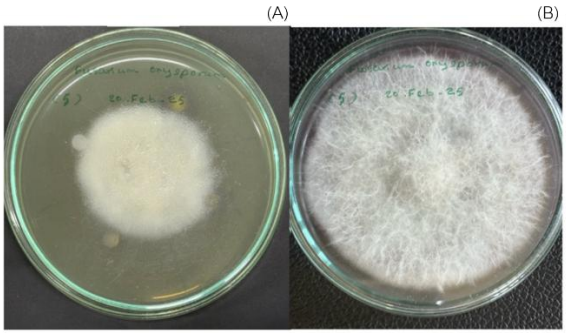


Fig. 1 Antifungal activity of *Melaleuca cajuputi* leaf extract against *Fusarium oxysporum* evaluated by the disc diffusion method. (a) Inhibition zones observed after 5 days of incubation on potato dextrose agar (PDA) plates, showing slight to moderate growth inhibition at extract concentrations of 1.66, 3.33, and 6.66 mg per disc compared with the methanol negative control. (b) Plates after 10 days of incubation, where inhibition zones were reduced or no longer clearly visible, indicating a decrease in antifungal activity over prolonged incubation

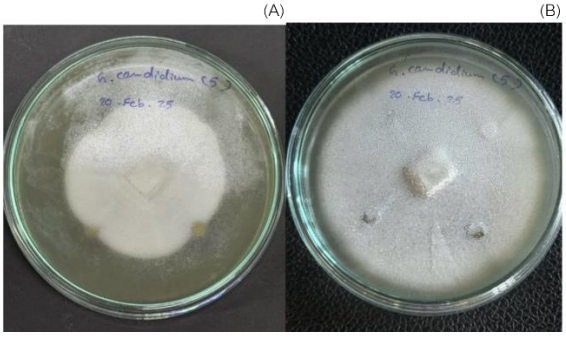


Fig. 2 Antifungal activity of *Melaleuca cajuputi* leaf extract against *Geotrichum candidum* evaluated by the disc diffusion method. (a) Inhibition zones observed after 5 days of incubation on potato dextrose agar (PDA) plates, showing weak antifungal activity of the extract at concentrations of 1.66, 3.33, and 6.66 mg per disc compared with the methanol negative control. (b) Plates after 10 days of incubation, where inhibition zones were reduced or no longer clearly visible, indicating a decrease in antifungal activity over prolonged incubation

Melaleuca cajuputi leaves extract showed a delayed inhibitory effect against F. oxysporum by broth serial dilution assay, with higher percentage inhibition than that of itraconazole observed between 36 and 48 hours of incubation at 6.25 µg/mL (Fig. 3). Similar time-dependent antifungal responses have been reported for Melaleuca-derived products, where bioactive compounds such as terpenoids and phenolic constituents performed gradually on fungal cells rather than causing immediate growth inhibition (Isah et al., 2023; Paramalingam et al., 2023). These findings suggest that extension of contact time may enhance the antifungal efficacy of M. cajuputi extracts.

Antifungal Activity Against Geotrichum candidum

The antifungal activity of M. cajuputi leaf extract against Geotrichum candidum was evaluated using the disc diffusion method (Fig. 2). Only weak inhibition zones were observed around extract-treated discs

(Figure 2a), indicating limited antifungal activity under the tested conditions. (Suwandee et al., 2023) reported that the antifungal efficacy of M. cajuputi leaf extract showed varies activity among fungal species tested, with some fungal species showed decreasing sensitivity in agar-based assays. Therefore, the limited inhibition observed against G. candidum may be related to species-specific tolerance or reduced diffusion of active compounds in solid media.

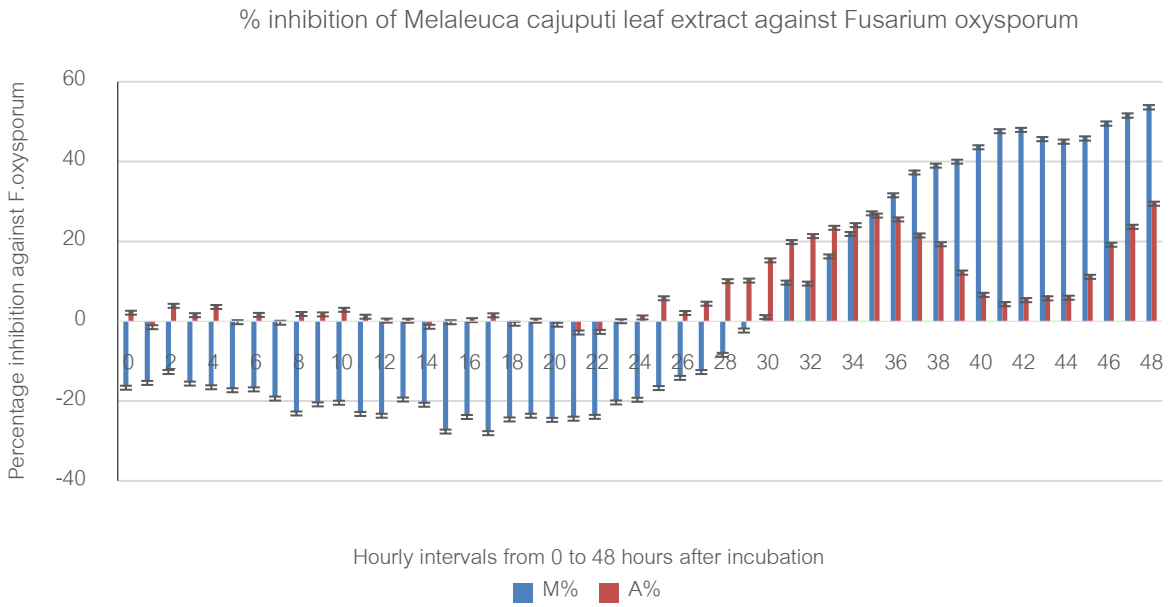


Fig. 3 Percentage inhibition of *Fusarium oxysporum* growth by *Melaleuca cajuputi* leaf extract (M%) compared with itraconazole (A%) at the concentration of 6.25 µg/mL for 48-hour of incubation period. Data represent mean values with standard error bars

Antibacterial Activity Against Escherichia coli

The antibacterial assays demonstrated that *M. cajuputi* leaf extract inhibited *E. coli* growth in a concentration-dependent manner (Figure 4). The higher extract concentrations displayed effective inhibition at both 12 and 24 hours of incubation (Figs. 4 and 5). Based on the concentration-response analysis, the most effective concentration of *Melaleuca cajuputi* leaf extract against *Escherichia coli* was 187.5 µg/mL, which produced the highest percentage inhibition of bacterial growth among the tested concentrations. This dose-response relationship aligns with the studies reporting antibacterial activity of *M. cajuputi* essential oils and extracts against *E. coli* (Wahab et al., 2022). Kinetic studies showed that cajuput oil suppressed *E. coli* growth progressively over time, supporting the observation of increasing in the inhibition with longer incubation periods (Musta et al., 2022).

Although Gram-negative bacteria such as *E. coli* are generally less susceptible to plant-derived antimicrobials due to their outer membrane structure, *M. cajuputi* leaves extracts have been reported to disrupt

bacterial membranes and interfere with metabolic processes, leading to growth inhibition (Isah et al., 2023; Musta et al., 2022).

Overall, the findings support the antimicrobial potential of *M. cajuputi* leaf extract, particularly its time-dependent antifungal activity against *F. oxysporum* and concentration-dependent antibacterial activity against *E. coli*. These results highlight the bioactivity of *M. cajuputi*-derived compounds and suggest that this plant may serve as a promising natural source of antimicrobial agents for agricultural and food-related applications (Suwandee et al., 2023; Isah et al., 2023).

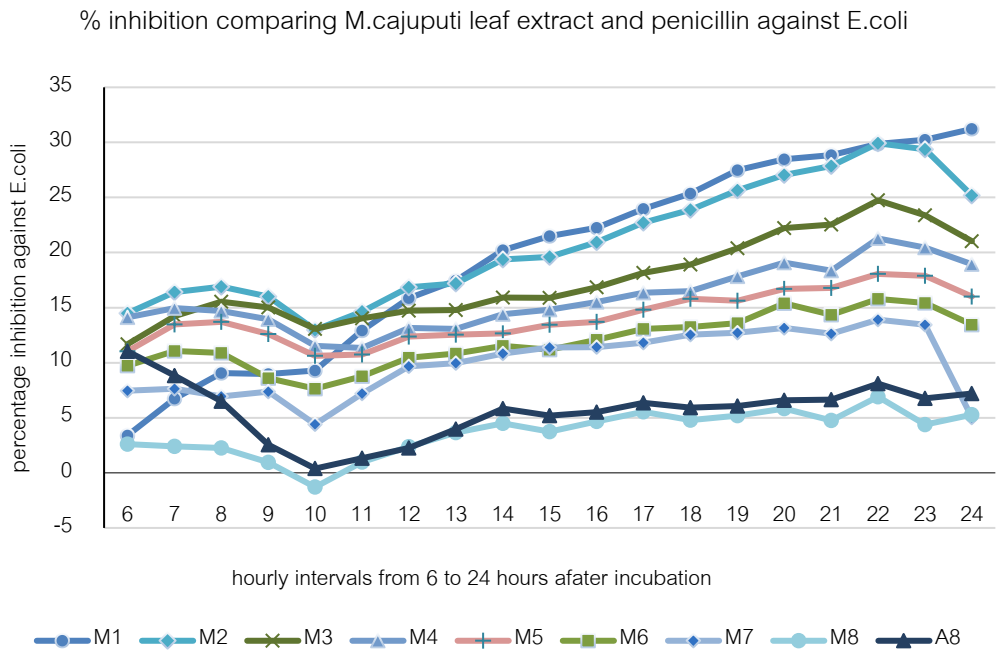


Fig. 4 Percentage inhibition of Escherichia coli growth at 24 hours of incubation with Melaleuca cajuputi crude extract (M1-M8) at varying concentrations (2.93 to 23.44 µg/mL) and penicillin (A8) at 23.44 µg/mL as positive control

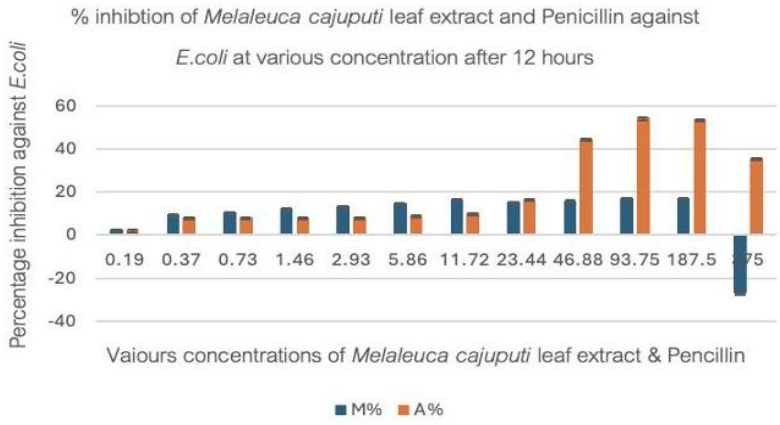


Fig. 5 Percentage inhibition of *Escherichia coli* growth at 12 hours of incubation with *Melaleuca cajuputi* crude extract (M) and penicillin (A) at the concentrations ranging from 0.19 to 375 µg/mL

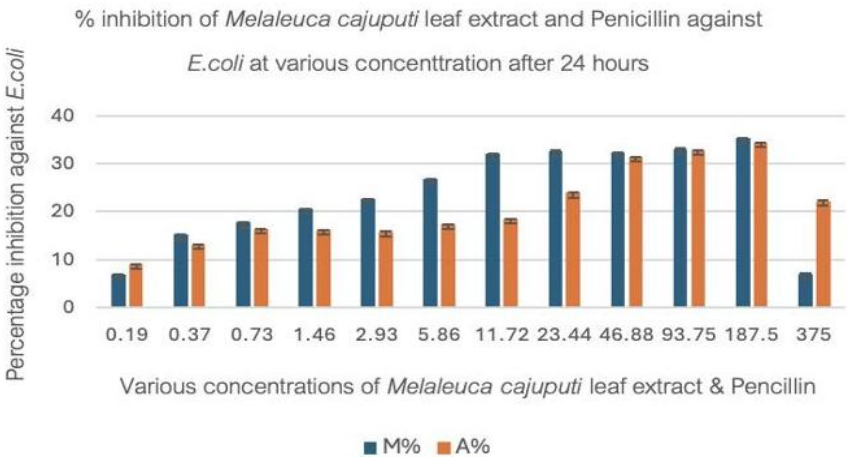


Fig. 6 Percentage inhibition of *Escherichia coli* growth at 24 hours of incubation with *Melaleuca cajuputi* crude extract (M) and penicillin (A) at the concentrations ranging from 0.19 to 375 µg/mL

Conclusion

This study achieved its objective of evaluating the antifungal and antibacterial activities of *M.cajuputi* leaf extract. The extract exhibited moderate and time-dependent antifungal activity against *F.oxysporum*, weak inhibition against *G. candidum*, and concentration-dependent antibacterial activity against *E. coli*. Notably, the highest antifungal activity against *F. oxysporum* was observed at 6.25 µg/mL between 36 and 48 hours of exposure, while the most effective antibacterial concentration against *E. coli* was 187.5 µg/mL at 12 and 24 hours of incubation. These findings indicate that *M. cajuputi* leaf extract possessed measurable antimicrobial potential and may serve as a natural source of bioactive compounds for further investigation in agricultural and food safety applications.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest to disclose.

Acknowledgements

This research was supported by funding from the Kasetsart University Sri Racha Campus, Chonburi, Thailand.

References

Adefrash, K., Sharew, B., Amare, W., Shibabaw, A. 2024. Bacterial foodborne illness and *Escherichia coli* O157:H7 strain infection among asymptomatic food handlers in Northeast Ethiopia: Implication for hygienic practices and mass-screening. Health Sci. Rep. 7: e11999. doi.org/10.1002/hsr2.11999

Bento de Carvalho, T., Nunes Silva, B., Tomé, E., Teixeira, P. 2024. Preventing fungal spoilage from raw materials to final product: Innovative preservation techniques for fruit fillings. Foods 13: 2669. doi.org/10.3390/foods13172669

Dagne, A., Yenet, A., Tadege, G., Tegegne, B.A., Teffera, Z.H., Abebe, D., Geta, B. 2025. Phytochemical screening and evaluating in vitro antibacterial and antifungal activity of 80% methanolic *Impatiens rothii* root extract. Sci. Rep. 15: 36609. doi.org/10.1038/s41598-025-36609-8

Eloff, J.N. 1999. Avoiding pitfalls in determining antimicrobial activity of plant extracts and publishing the results. BMC Complement. Altern. Med. 1: 6. doi.org/10.1186/1472-6882-1-6

Gonzalez-Pastor, R., Carrera-Pacheco, S.E., Zúñiga-Miranda, J., Rodríguez-Pólit, C., Mayorga-Ramos, A., Guamán, L.P., Barba-Ostria, C. 2023. Current landscape of methods to evaluate antimicrobial activity of natural extracts. Molecules 28: 1068. doi.org/10.3390/molecules28031068

Isah, M., Rosdi, R.M., Wahab, W.N.A.W.A., Ishak, W.R.W., Abdullah, H., Sul'ain, M.S., Ishak, W.R.W. 2023. Phytoconstituents and biological activities of *Melaleuca cajuputi* Powell: A scoping review. J. Appl. Pharm. Sci. 13: 100–123

Jackson, E., Li, J., Weerasinghe, T., Li, X. 2024. The ubiquitous wilt-inducing pathogen *Fusarium oxysporum*: A review of genes studied with mutant analysis. Pathogens 13: 823. doi.org/10.3390/pathogens13090823

Kamilari, E., Stanton, C., Reen, F.J., Ross, R.P. 2023. Uncovering the biotechnological importance of *Geotrichum candidum*. Foods 12: 1224. doi.org/10.3390/foods12061224

Luna-Guevara, J.J., Arenas-Hernández, M.M.P., Martínez de la Peña, C., Silva, J.L., Luna-Guevara, M.L. 2019. The role of pathogenic *E. coli* in fresh vegetables: Behavior, contamination factors, and preventive measures. Int. J. Microbiol. 2019: 2894432. doi.org/10.1155/2019/2894432

Musta, R., Nurliana, L., Damhuri, Asranudin, Darlian, L., Rudi, L. 2022. Kinetics study of antibacterial activity of cajuput oil (*Melaleuca cajuputi*) on *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Bacillus cereus*. Curr. Appl. Sci. Technol. 22: 1–10. doi.org/10.55003/cast.2022.03.22.003

Nakmee, P.S., Chomtee, B., Juntaropakorn, M., Ngamprasit, S. 2023. Effects of *Melaleuca cajuputi* leaf extract on inhibition of seed germination and seedling growth of weed species. Agr. Nat. Resour. 57: 427–436. doi.org/10.34044/j.anres.2023.57.3.07

Paramalingam, P., Baharum, N.A., Abdullah, J.O., Hong, J.K., Saidi, N.B. 2023. Antifungal potential of *Melaleuca alternifolia* against *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense tropical race 4. Molecules 28: 4556. doi.org/10.3390/molecules28114556

Purnama, I., Swebocki, T., Ihsan, F., Mutamima, A., Boukherroub, R., Mechouche, M.S., Fadilaturahmah, F. 2024. Evaluation of four Indonesian leaf extracts for their antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* (MRSA) and *Escherichia coli*. E3S Web Conf. 593: 05001. doi.org/10.1051/e3sconf/202459305001

Rahman, M.Z., Ahmad, K., Bashir Kutawa, A., Siddiqui, Y., Saad, N., Geok Hun, T., Hata, E.M., Hossain, M.I. 2021. Biology, diversity, detection and management of *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum causing vascular wilt disease of watermelon (*Citrullus lanatus*): A review. Agronomy 11: 1331. doi.org/10.3390/agronomy11071331

Suwandee, S., Saelee, R., Koohakan, P., Montri, N. 2023. Bioactivity of teak (*Tectona grandis*) and cajeput (*Melaleuca cajuputi*) leaf extracts on inhibition of fruit fungal pathogens. Int. J. Agric. Technol. 19: 2259–2280

Vanegas, D., Abril-Novillo, A., Khachatryan, A., et al. 2021. Validation of a method of broth microdilution for the determination of antibacterial activity of essential oils. BMC Res. Notes 14: 439. doi.org/10.1186/s13104-021-05838-8

Wahab, A.N.Z., Ja'afar, N.S.A., Ismail, S.B. 2022. Evaluation of antibacterial activity of essential oils of *Melaleuca cajuputi* Powell. J. Pure Appl. Microbiol. 16: 549–556. doi.org/10.22207/JPAM.16.1.52

ผลของสาร purine nucleoside ต่อการควบคุมโรคใบด่างในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

Effect of purine nucleoside for controlling cassava mosaic disease in cassava cuttings

อติพร นิยมธรรม, อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช*, วันวิสา ศิริวรรณ์, ศรีหรรษา มลิจารย์

Atiporn Niyomtham, Udomsak Lertsuchatavanich*, Wanwisa Siriwan, Srihunsa Malichan

ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

โรคใบด่างมันสำปะหลัง (Cassava mosaic disease) สาเหตุจากเชื้อ *Sri Lankan cassava mosaic virus* (SLCMV) เป็นโรคที่สำคัญที่ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยลดลงอย่างมาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการขาดแคลนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดในการเพาะปลูกอีกด้วย งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสาร purine nucleoside (PN) ในการควบคุมโรคใบด่างมันสำปะหลังในท่อนพันธุ์ ด้วยการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่เป็นโรคไวรัสใบด่าง 2 พันธุ์ ได้แก่ ระยอง 9 และ เกษตรศาสตร์ 50 ในสาร PN 500 ppm นาน 15 30 45 และ 60 นาที ก่อนปลูก ผลการทดลองพบว่าต้นกล้าที่แช่ในสาร PN 500 ppm นาน 60 นาที มีโรคใบด่างต่ำที่สุด ในพันธุ์ระยอง 9 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 45.67% มีดัชนีความรุนแรงของโรค 32.67% พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 50.50% ดัชนีความรุนแรงของโรค 31.67% นอกจากนี้ผลการตรวจปริมาณเชื้อในต้นกล้ามันสำปะหลังพบว่าเมื่อระยะเวลาแช่นานขึ้นจะมีปริมาณเชื้อลดลง ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าสาร purine nucleoside สามารถลดความรุนแรงโรคใบด่างมันสำปะหลังในท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้

คำสำคัญ: การควบคุมโรค, พิวรีน นิวคลีโอไซด์, โรคใบด่างมันสำปะหลัง

Abstract

Cassava mosaic disease (CMD), caused by *Sri Lankan cassava mosaic virus* (SLCMV), is a major disease that has led to a substantial reduction in cassava yield in Thailand. In addition, it has resulted in a shortage of clean cassava planting materials for cultivation. This experiment aimed to evaluate the effect of purine nucleoside (PN) on the control of cassava mosaic disease in cassava stem cuttings. Infected stem cuttings of two cassava cultivars, Rayong 9 and Kasetsart 50, were soaked in a PN solution at a concentration of 500 ppm for 15, 30, 45, and 60 minutes. The results showed that seedlings soaked in 500 ppm PN for 60 minutes exhibited the most effective disease control. In cultivar Rayong 9, disease incidence was 45.67% and disease severity index 32.67%. In cultivar Kasetsart 50, disease incidence was 50.50%, and the disease severity index was 31.67%. Furthermore, analysis of viral concentrations in cassava seedlings indicated that longer soaking durations resulted in lower viral concentrations. These experiments demonstrate that PN can reduce the severity of cassava mosaic disease in infected stem cuttings.

Keywords: Cassava mosaic disease, Disease control, Purine nucleoside

คำนำ

โรคใบด่างมันสำปะหลัง (Cassava mosaic disease; CMD) พบการระบาดครั้งแรกในทวีปแอฟริกาจากเชื้อไวรัส *African cassava mosaic virus* (ACMV) ต่อมาโรคได้แพร่ระบาดไปยังทวีปเอเชียในประเทศอินเดียพบเป็นเชื้อไวรัส *Indian cassava mosaic virus* (ICMV) และระบาดไปยังประเทศต่าง ๆ จนมาถึงประเทศไทยมีรายงานครั้งแรกในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ในจังหวัดที่มีชายแดนติดต่อกับราชอาณาจักรกัมพูชา ได้แก่ จังหวัดบุรีรัมย์ ศรีสะเกษ สระแก้ว สุรินทร์ อุบลราชธานี นครราชสีมา และปราจีนบุรี (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019) พบเกิดจากเชื้อไวรัส *Sri Lankan cassava mosaic virus* (SLCMV) สามารถถ่ายทอดผ่านทางท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคและแพร่ระบาดได้โดยแมลงหวี่ขาวยาสูบ ทำให้โรคแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วในแหล่งปลูกมันสำปะหลังทั่วประเทศ ลักษณะอาการทั่วไปของโรค ได้แก่ ใบยอดที่แตกใหม่จะมีอาการด่างเหลือง รูปทรงผิดปกติ มีขนาดเล็กลง การเจริญเติบโตลดลง ต้นแคระแกร็น ในกรณีที่ติดเชื้อจากการใช้ท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคปลูกจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตช้าและการสะสมอาหารของหัวมันสำปะหลังลดลง (Legg et al., 2006)

ในการควบคุมโรคใบด่างมันสำปะหลังสามารถทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้พันธุ์ต้านทาน การใช้พืชปลอดโรค การเขตกรรม และการควบคุมแมลงพาหะโรค (Thresh and Cooter, 2005) เป็นต้น ซึ่งการใช้พันธุ์ต้านทานเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมโรค แต่การปรับปรุงพันธุ์ต้านทานเป็นวิธีที่ใช้ระยะเวลานาน ซึ่งการควบคุมโรคโดยสารเคมีเป็นอีกวิธีที่นิยมปฏิบัติของเกษตรกร เพราะเป็นวิธีที่ง่ายสะดวกและเห็นผลได้เร็ว โดยอาจนำไปใช้ร่วมกับวิธี การทางกายภาพ เช่น การแช่น้ำร้อนร่วมกับสารเคมี เพื่อกำจัดเชื้อสาเหตุโรคต่าง ๆ เช่น แบคทีเรีย รา ไวรัส หรือไฟโตพลาสมา ที่ติดมากับส่วนขยายพันธุ์ ในอ้อยมีงานวิจัยการใช้น้ำร้อนร่วมกับสาร tetracycline HCl เพื่อควบคุมโรคใบขาวอ้อยในท่อนพันธุ์สาเหตุจากเชื้อไฟโตพลาสมา (Lertsuchatavanich et al., 2018) จากรายงานดังกล่าวนำมาสู่การทดลองใช้สารเคมีในการควบคุมเชื้อไวรัสที่ติดมากับท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง โดยเลือกใช้สารในกลุ่ม purine nucleoside (PN) ที่มีฤทธิ์ในการควบคุมเชื้อไวรัสชนิดสารพันธุกรรมแบบ DNA โดยขัดขวางการสร้างและสังเคราะห์ DNA polymerase ของเชื้อไวรัส ทำให้ไวรัสไม่สามารถเพิ่มปริมาณได้ (Zenchenko et al., 2021) และมีการทดสอบเบื้องต้นในการนำสาร PN มาควบคุมโรคใบด่างมันสำปะหลัง (ชมพูนุช, 2565; จิดาภา, 2565) จึงได้นำสาร PN มาทดสอบการควบคุมโรคใบด่างมันสำปะหลังอีกครั้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างและเตรียมท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคใบด่างมันสำปะหลัง

เก็บตัวอย่างท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 และ เกษตรศาสตร์ 50 ที่แสดงอาการโรคใบด่างมันสำปะหลังชัดเจน ได้แก่ มีอาการใบด่างเหลือง และบิดงอเสียรูปทรง นำท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคใบด่างมา 3 ต้น ยาวประมาณ 1.5 เมตร ตัดท่อนพันธุ์ให้มีความยาว 7–8 เซนติเมตร ให้ได้ทั้งหมด 60 ท่อน โดยคละส่วนต่าง ๆ ของต้น แบ่งออกเป็น 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 แช่ด้วย purine nucleoside 500 ppm นาน 15 นาที
กรรมวิธีที่ 2 แช่ด้วย purine nucleoside 500 ppm นาน 30 นาที
กรรมวิธีที่ 3 แช่ด้วย purine nucleoside 500 ppm นาน 45 นาที
กรรมวิธีที่ 4 แช่ด้วย purine nucleoside 500 ppm นาน 60 นาที
กรรมวิธีที่ 5 ชุดควบคุม

เมื่อแช่ท่อนพันธุ์ตามกรรมวิธีต่าง ๆ นำท่อนพันธุ์มาเพาะในถาดเพาะชำขนาด 280 x 540 มม. โดยใช้ดินผ่านการฆ่าเชื้อเป็นวัสดุปลูก บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความงอกมันสำปะหลัง เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมัน

สำปะหลัง ดัชนีความรุนแรงของโรคใบด่าง โดยดัดแปลงเกณฑ์การประเมินโรค (Disease severity) จาก Ariyo et al. (2015) และ Fauquet and Fargette (1990) ซึ่งแบ่งระดับความรุนแรงเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ไม่แสดงอาการของโรค

ระดับ 2 แสดงอาการเล็กน้อยบนแผ่นใบ

ระดับ 3 แสดงอาการด่างเต็มบนแผ่นใบ และใบเริ่มม้วนลดรูป

ระดับ 4 แสดงอาการด่างทั่วทั้งใบ ใบบิดม้วนงอ และเริ่มลดรูป

ระดับ 5 แสดงอาการใบบิดม้วนงอ และใบลดรูปอย่างรุนแรง



Fig. 1 Five-level severity scale for cassava mosaic disease (CMD) symptoms

ประเมินลักษณะอาการและคำนวณดัชนีความรุนแรงโรค เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 4 สัปดาห์ ดัดแปลงจากวิธีของ (Havey, 1996) ดังสมการ (Equation 1):

$$\text{ดัชนีความรุนแรงโรค (\%)} = \frac{\text{ผลรวมของ(ระดับความรุนแรง} \times \text{จำนวนต้น)} \times 100}{\text{(จำนวนต้นที่ทดสอบทั้งหมด} \times \text{คะแนนระดับความรุนแรงสูงสุดของโรคที่ประเมิน)}} \quad (1)$$

การเก็บตัวอย่างใบของต้นมันสำปะหลังเพื่อการตรวจสอบปริมาณเชื้อไวรัส SLCMV ด้วยเทคนิค qPCR

เก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลังในกรรมวิธีต่าง ๆ ที่อายุ 60 วัน แบ่งเก็บใบมันสำปะหลัง กรรมวิธีละ 12 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 60 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างจากใบลำดับที่ 3 นับจากใบยอดลงมาต่อ 1 ต้น นำตัวอย่างใบมันสำปะหลังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. จำนวน 3 ชิ้นใส่ในหลอด microtube ขนาด 1.5 mL สกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างใบมันสำปะหลังด้วยวิธี CTAB method (Doyle and Doyle, 1987)

ตรวจสอบปริมาณเชื้อไวรัส SLCMV ด้วยเทคนิค qPCR

นำตรวจดีเอ็นเอที่สกัดได้จากตัวอย่างมาตรวจปริมาณของเชื้อไวรัส SLCMV ด้วยเทคนิค qPCR โดยใช้ 5x HOT FIREPol® EvaGreen® qPCR Mix Plus (ROX) (Solis Biodyne, Estonia) ด้วยไพรเมอร์ SLCMV_CP_F(5' TTA GAG GTT TTG CGT TAA GTC CG 3'), SLCMV_CP_R (5'TGT ACA GCA TCA ATG CAT TCT CG 3') ซึ่งจำเพาะต่อส่วน coat protein และใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน cytochrome coxidase I (COXI) เป็น reference gene ในเครื่อง Real-Time PCR (CFX96 Connect Real-Time PCR System, Bio-Rad, U.S.) คำนวณสัดส่วนระดับการแสดงออกของยีนจากสมการ $2^{-\Delta\Delta CT}$ (Livak and Schmittgen, 2001)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ผ่านการแช่สารที่กรรมวิธีต่าง ๆ ไปปลูก ทำการบันทึกความงอกที่ 30 วันหลังปลูกพบว่าปัจจัยด้านกรรมวิธี มีผลต่อความงอกของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ ในพันธุ์ระยอง 9 ทุกกรรมวิธีมีความงอก 100% ยกเว้นกรรมวิธีที่ 1 มีความงอก 75% ส่วนพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 กรรมวิธีที่ 2, 4 และ 5 มีความงอก 100% ยกเว้นกรรมวิธีที่ 1 และ 3 มีความงอก 75% และ 91.67% ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งค่าเฉลี่ยโดยของทั้ง 2 พันธุ์ในกรรมวิธีที่ 2–4 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Table 1 Germination of cassava Rayong 9 and Kasetsart 50 varieties at 30 days

Treatment	%Germination		Average
	R9	KU50	
Tr1 purine nucleoside 500 ppm 15min	75.00	75.00	75 b
Tr2 purine nucleoside 500 ppm 30min	100.00	100.00	100 a
Tr3 purine nucleoside 500 ppm 45min	100.00	91.67	95.83 a
Tr4 purine nucleoside 500 ppm 60min	100.00	100.00	100 a
Tr5 control	100.00	100.00	100 a
average	95	93.3	
LSD (0.05) variety	-		
LSD (0.05) treatment	42.66		
LSD (0.05) variety x treatment	-		
CV (%) variety	4.84		
CV (%) treatment	28.26		
CV (%) variety x treatment	4.84		

การประเมินโรคใบด่างที่ 30 วันหลังปลูก พบว่าปัจจัยด้านกรรมวิธี และอิทธิพลร่วมระหว่างกรรมวิธีและพันธุ์ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมันสำปะหลัง โดยกรรมวิธีที่ 4 PN 500 ppm 60 นาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุด พันธุ์ระยอง 9 มีค่าเท่ากับ 45.67% และเกษตรศาสตร์ 50 ที่มีค่าเท่ากับ 50.50% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีอื่น (Table 2) โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่ จากผลการประเมินดัชนีความรุนแรงของโรคใบด่าง พบว่าปัจจัยด้านกรรมวิธี พันธุ์ และอิทธิพลร่วมระหว่างกรรมวิธีและพันธุ์ มีผลการประเมินดัชนีความรุนแรงของโรคใบด่างมันสำปะหลัง โดยกรรมวิธีที่ 4 PN 500 ppm 60นาที มีดัชนีความรุนแรงโรคต่ำที่สุดทั้ง 2 พันธุ์ พันธุ์ระยอง 9 มีค่าเท่ากับ 32.67% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม ส่วนเกษตรศาสตร์ 50 มีค่าเท่ากับ 31.67% ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม (Table 3) จากข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและดัชนีความรุนแรงโรคใบด่างข้างต้นพบว่าสาร PN สามารถลดอัตราการเกิดโรคได้แต่ความรุนแรงของโรคใบด่างยังไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Table 2 Disease incidence (%) of cassava Rayong 9 and Kasetsart 50 varieties at 30 days

Treatment	% Disease incidence		Average
	R9	KU50	
Tr1 purine nucleoside 500 ppm 15min	75.00 ab	83.00 ab	79.00 ab
Tr2 purine nucleoside 500 ppm 30min	90.83 ab	58.33 ab	74.58 ab
Tr3 purine nucleoside 500 ppm 45min	54.33 ab	63.67 ab	59.00 ab
Tr4 purine nucleoside 500 ppm 60min	45.67 b	50.50 b	48.03 b
Tr5 control	100.00 a	100.00 a	100 a
average	73.17	71.10	
LSD (0.05) variety	-		
LSD (0.05) treatment	78.05		
LSD (0.05) variety x treatment	48.28		
CV (%) variety	7.84		
CV (%) treatment	67.50		
CV (%) variety x treatment	29.52		

Table 3 Disease index (%) of cassava Rayong 9 and Kasetsart 50 varieties at 30 days

Treatment	% Disease index		Average
	R9	KU50	
Tr1 purine nucleoside 500 ppm 15min	57.33 ab	40.00 b	48.67
Tr2 purine nucleoside 500 ppm 30min	63.50 ab	53.33 ab	58.42
Tr3 purine nucleoside 500 ppm 45min	38.17 b	45.67 ab	42.92
Tr4 purine nucleoside 500 ppm 60min	32.67 b	31.67 b	32.17
Tr5 control	91.00 a	53.33 ab	72.17
average	56.53	44.80	
LSD (0.05) variety	149.08		
LSD (0.05) treatment	60.36		
LSD (0.05) variety x treatment	47.92		
CV (%) variety	63.42		
CV (%) treatment	74.31		
CV (%) variety x treatment	41.72		

ผลการตรวจสอบปริมาณเชื้อไวรัส SLCMV ด้วยเทคนิค qPCR ของต้นกล้ามันสำปะหลังในกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่าปริมาณเชื้อ SLCMV ที่ตรวจพบในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 และเกษตรศาสตร์ 50 มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่สาร PN ซึ่งกรรมวิธีที่ 4 PN 500 ppm 60 นาที จะมีปริมาณเชื้อ SLCMV ต่ำที่สุดในมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ (Figs. 2–3)

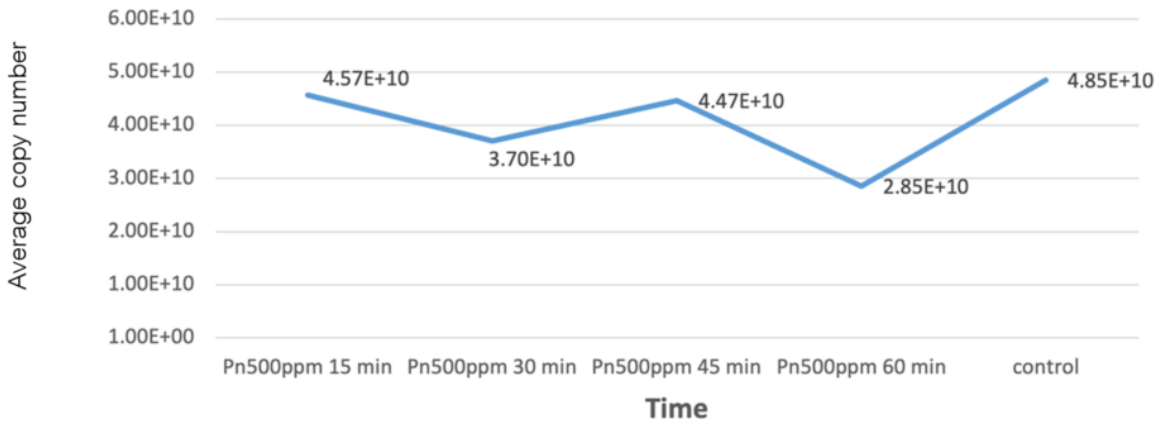


Fig. 2 Average copy number of SLCMV in cassava Rayong 9 variety

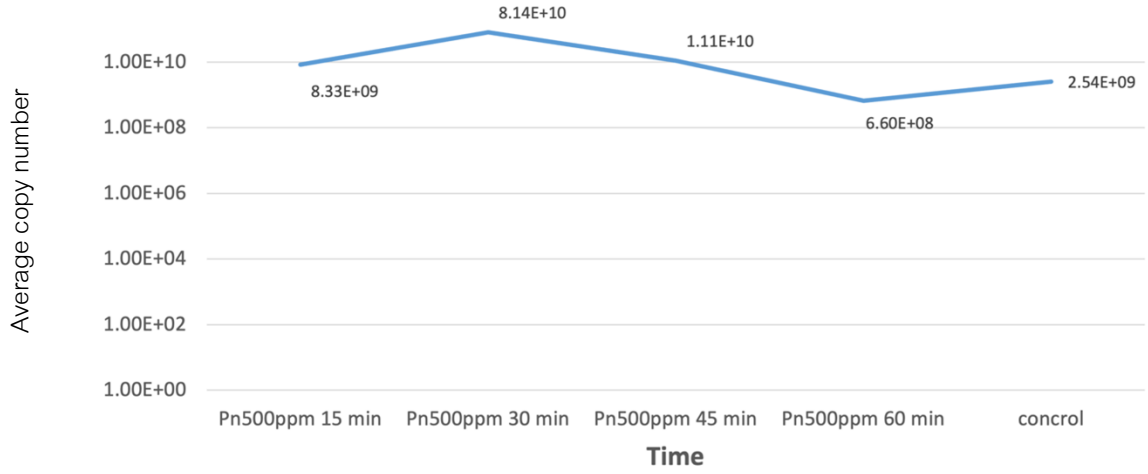


Fig. 3 Average copy number of SLCMV in cassava KU50 variety

สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสาร PN ในการควบคุมโรคใบด่างในท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 และเกษตรศาสตร์ 50 พบว่ากรรมวิธีที่แช่ในสาร PN 500 ppm นาน 60 นาที มีประสิทธิภาพดีที่สุดมีเปอร์เซ็นต์และดัชนีการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับ 32.67% และ 31.67% ตามลำดับ และมีปริมาณเชื้อไวรัส SLCMV ต่ำที่สุดในพันธุ์ระยอง 9 มีปริมาณเชื้อไวรัส 2.85 x 10^{10} copies ส่วนพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีปริมาณเชื้อไวรัส 6.60 x 10^{8} copies จากผลการทดลองข้างต้น จึงสรุปได้ว่าการแช่ท่อนพันธุ์ในสาร PN ความเข้มข้น 500 ppm ก่อนปลูก สามารถช่วยลดความการติดเชื้อโรคใบด่างและปริมาณเชื้อไวรัสในต้นมันสำปะหลังได้ แต่ยังไม่สามารถกำจัดเชื้อไวรัสในท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้

เอกสารอ้างอิง

จิดาภา เทือกท้าวสาร. 2565. การควบคุมโรคใบด่างมันสำปะหลังด้วยการแช่น้ำร้อนและสารเคมีในแปลงปลูก. ปัญหาพิเศษ. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชมพูนุช แก้วนวม. 2565. การศึกษาการควบคุมโรคใบด่างมันสำปะหลังด้วยการแช่น้ำร้อนและสารเคมี. ปัญหาพิเศษ. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Ariyo, O.A., Dixon, A.G.O., Atiri, G.I., Gachomo, E.W., Kotchoni, S.O. 2015. Disease resistance characterisation of improved cassava genotypes to cassava mosaic disease at different ecozones. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 48: 504–518. doi.org/10.1080/03235408.2014.XXXXX

Doyle, J.J., Doyle, J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem. Bull. 19: 11–15.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. The current status of SLCMV in Thailand. (in Thai)

Fauquet, C., Fargette, D. 1990. African cassava mosaic virus: Etiology, epidemiology and control. Plant Dis. 74: 404–411.

Havey, M.J. 1996. CMV resistance in three sources of cucumber. Cucurbit Genet. Coop. 19: 32–33.

Legg, J.P., Owor, B., Sseruwagi, P., Ndunguru, J. 2006. Cassava mosaic virus disease in east and central Africa: Epidemiology and management of a regional pandemic. Adv. Virus Res. 67: 355–418.

Lertsuchatavanich, U., Donnua, S., Authapun, J., Srichompoo, T., Thaveechai, N. 2018. Effect of hot antibiotic treatment on germination and controlling of sugarcane white leaf disease of sugarcane. In: Proc. Sugar Crops Improvement, Biotechnology, Bio-refinery and Diversification. Udon Thani, Thailand, pp. 66–99.

Livak, K.J., Schmittgen, T.D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta}$CT method. Methods 25: 402–408. doi.org/10.1006/meth.2001.1262

Thresh, J.M., Cooter, R.J. 2005. Strategies for controlling cassava mosaic disease in Africa. Plant Pathol. 54: 587–614.

Zenchenko, A.A., Drenicheva, M.S., Il'icheva, I.A., Mikhailova, S.N. 2021. Antiviral and antimicrobial nucleoside derivatives: Structural features and mechanisms of action. Mol. Biol. 55: 786–812. doi.org/10.1134/S002689332106015X

สาขาประมง

(Subject: Fisheries)

ภาคโปสเตอร์

(Poster Presentation)

อิทธิพลของแพลงก์ตอนพืชต่ออัตราการรอด และความสำเร็จในการลงเกาะของตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล (*Temnopleurus toreumaticus*)

Effects of Phytoplankton Species on Survival and Settlement Success of Brown Decorated Sea Urchin (*Temnopleurus toreumaticus*) Larvae

ฤทธิชัย คงสบาย*, **ไชยธวัฒน์ ทองนอก**, **นันทพงศ์ กิมไพ**

Rittichai Kongsabai*, Chaitawat Thongnork, Nantapong Kimpai

สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดระนอง 85120

Andaman Coastal Research Station for Development, Faculty of Fisheries Kasetsart University, Ranong 85120, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: rittichai.kon@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ประเมินผลของแพลงก์ตอนพืช 3 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Nannochloropsis* sp. และ *Tetraselmis* sp. ต่ออัตราการรอดและการพัฒนาของตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลระยะ pluteus และทดสอบการกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ด้วยการฉีด 0.5 M KCl ผลการทดลองพบว่า *Tetraselmis* sp. ให้ผลดีที่สุด โดยตัวอ่อนมีอัตราการรอดสูงสุด 65.3% และเริ่มลงเกาะภายใน 28 วัน ซึ่งเร็วกว่าชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนถึงคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะกรดไขมันจำเป็น (EPA และ DHA) และลักษณะเซลล์ที่เหมาะสมต่อการกินและการย่อยของตัวอ่อน คุณภาพน้ำในทุกชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการพัฒนา ได้แก่ อุณหภูมิ 29.89–31.96 °C, ออกซิเจนละลายในน้ำ 5.23–6.24 mg/L, ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.42–8.65 และมีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ส่งผลให้ตัวอ่อนสามารถพัฒนาไปสู่ระยะ juvenile ได้อย่างสมบูรณ์และมีเสถียรภาพ จากการศึกษานี้สนับสนุนว่า *Tetraselmis* sp. เป็นอาหารหลักที่เหมาะสมสำหรับระบบอนุบาลเชิงพาณิชย์ เพื่อเพิ่มอัตราการรอดและประสิทธิภาพการผลิตตัวอ่อนระยะ juvenile

คำสำคัญ: ตัวอ่อน pluteus, แพลงก์ตอนพืช, เม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล, *Tetraselmis* sp.

Abstract

This study assessed the effects of three microalgal species *Chlorella* sp., *Nannochloropsis* sp., and *Tetraselmis* sp. on the survival and developmental performance of brown decorated sea urchin larvae at the pluteus stage and examined gamete induction using 0.5 M KCl. The findings demonstrated that *Tetraselmis* sp. was the most effective micro-algal diet, yielding the highest larval survival rate of 65.3%, and the earliest onset of settlement in 28 days, markedly superior to the other treatments. This result reflects the high nutritional value of *Tetraselmis* sp., particularly its abundance of essential fatty acids (EPA and DHA), as well as its favorable cellular properties that support efficient ingestion and digestion by the larvae. Throughout the experiment, water quality parameters remained within suitable ranges for larval development, including temperatures of 29.89–31.96 °C, dissolved oxygen concentrations of 5.23–6.24 mg/L, pH values of 8.42–8.65, and consistently low levels of nitrogenous compounds. These optimal conditions contributed to stable larval growth and successful progression to the juvenile stage.

Keywords: Brown decorated sea urchin, Microalgae, Pluteus larvae, *Tetraselmis* sp.

คำนำ

เม่นทะเล (sea urchin) เป็นสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลังในไฟลัม Echinodermata ที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเล โดยเฉพาะบริเวณแนวปะการังและพื้นท้องทะเลเขตน้ำตื้น เนื่องจากทำหน้าที่เป็นผู้บริโภคสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืช ช่วยควบคุมการขยายตัวของสาหร่ายและรักษาสมดุลของโครงสร้างชุมชนสัตว์น้ำชายฝั่ง นอกจากนี้ เม่นทะเลยังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะไข่เม่นทะเล (roe หรือ uni) ซึ่งเป็นอาหารมูลค่าสูงและได้รับความนิยมในหลายประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และยุโรป โดยมีการใช้ประโยชน์จากเม่นทะเลหลายชนิดในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ *Strongylocentrotus intermedius*, S. *nudus* และ *Paracentrotus lividus* (Kaneniwa and Takagi, 1986) เม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล (*Temnopleurus toreumaticus*) เป็นเม่นทะเลขนาดเล็ก พบกระจายพันธุ์ในแถบอินโด-แปซิฟิก ตั้งแต่ญี่ปุ่นและเกาหลีไปจนถึงออสเตรเลียและมาเลเซีย รวมถึงพบได้ทั้งฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย ลักษณะเด่นคือมีหนามสั้นและสีสันลำตัวสวยงาม (Hasan, 2019; สอฟียูดีน และคณะ, 2564) การเพาะเลี้ยงเม่นทะเลในระยะ juvenile มีความสำคัญต่อการจัดการทรัพยากรและการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ เนื่องจากเป็นระยะที่มีอัตราการตายสูงในธรรมชาติ การเลี้ยงภายใต้สภาพควบคุมช่วยเพิ่มอัตราการรอดและความสม่ำเสมอของลูกพันธุ์ (Lawrence, 2006; Hasan, 2019) สำหรับเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล ซึ่งมีพฤติกรรมกินสาหร่ายขนาดเล็ก ไดอะตอม และอินทรียวัตถุที่ตกตะกอนบนพื้นผิว ทำให้สามารถเลี้ยงในระบบตู้ปลาทะเลและเหมาะสมต่อการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยง (Lawrence, 1975; Walker and Lesser, 1998) อย่างไรก็ตาม การอนุบาลตัวอ่อนเม่นทะเลในระยะ pluteus ซึ่งเป็นระยะลอยตัวที่สำคัญ มักประสบปัญหาอัตราการรอดต่ำ เนื่องจากตัวอ่อนมีขนาดเล็ก มีความไวต่อความหนาแน่นประชากร การแข่งขันอาหาร และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตและการเปลี่ยนผ่านสู่ระยะ juvenile ล่าช้า โดยเฉพาะในกรณีที่อาหารมีปริมาณหรือคุณภาพไม่เหมาะสม ตัวอ่อนเม่นทะเลต้องการสารอาหารจำเป็น ได้แก่ กรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว (LC-PUFA) สำหรับการสร้างโครงร่างแคลเซียมคาร์บอเนต ระบบประสาท และการทำงานของเซลล์ รวมถึง carotenoids, sterols และกรดอะมิโนจำเป็น ซึ่งมีบทบาทต่อระบบภูมิคุ้มกันและการเผาผลาญ (Carboni et al., 2012; Scholtz et al., 2013) คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานที่กำหนดความสำเร็จของการอนุบาลตัวอ่อนเม่นทะเล โดยอุณหภูมิ ความเป็นกรด–ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท มีผลต่อการเผาผลาญ การสร้างโครงร่างแคลเซียมคาร์บอเนต และการเปลี่ยนผ่านระยะพัฒนาการของตัวอ่อน ความล้มเหลวในการอนุบาลมักสัมพันธ์กับการเลือกชนิดอาหารที่ไม่เหมาะสม ความหนาแน่นตัวอ่อนที่สูงเกินไป และการเสื่อมคุณภาพน้ำจากการสะสมของของเสียโดยทั่วไป โรงเพาะฟักสัตว์น้ำใช้แพลงก์ตอนพืชเซลล์เดียวเป็นอาหารหลักในการอนุบาลตัวอ่อนเม่นทะเล เนื่องจากมีขนาดและคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสม แพลงก์ตอนที่นิยมใช้ ได้แก่ *Chlorella* sp., *Nannochloropsis* sp. และ *Tetraselmis* sp. ซึ่งมีองค์ประกอบทางโภชนาการแตกต่างกันและส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของตัวอ่อน รายงานของศุภกานต์ และคณะ (2561) พบว่าการให้ *Isochrysis galbana* ที่ความหนาแน่นประมาณ 10,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตรต่อวัน ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของตัวอ่อนเม่นทะเลดาหนามยาว (*Diadema setosum*) ขณะที่การอนุบาลตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลโดยใช้ I. *galbana* ร่วมกับ *Nannochloropsis* sp. ที่ความหนาแน่น 50,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร วันละ 2 ครั้ง และถ่ายน้ำร้อยละ 30 ทุก 2 วัน ช่วยรักษาคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม (Kongsabai et al., 2025)

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งประเมินผลของแพลงก์ตอนพืชเซลล์เดียว 3 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Nannochloropsis* sp. และ *Tetraselmis* sp. ต่ออัตราการรอด การเจริญเติบโต และความสำเร็จในการลงเกาะของตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล เพื่อคัดเลือกชนิดแพลงก์ตอนที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลในระบบ hatchery ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงเม่นทะเลอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การรวบรวมพ่อแม่พันธุ์เม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล

พ่อแม่พันธุ์เม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลถูกเก็บรวบรวม จากแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณหมู่เกาะกำ (หมู่เกาะกำตก, เกาะญี่ปุ่น, เกาะค้างคาว) อยู่ในเขต ตำบลกำพวน และ อำเภอกะเปอร์ จังหวัดระนอง สามารถเก็บโดยการใช้สวิงตักใส่ถังพลาสติก จากนั้น ลำเลียงเม่นทะเลใส่ถังพลาสติกหรือกล่องโฟม โดยไม่ให้ตัวเม่นทะเลซ้อนทับกัน และเติมน้ำทะเลให้ท่วมตัวเม่นทะเล

2. การเตรียมน้ำสำหรับการเลี้ยงและการอนุบาลเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล

สูบน้ำทะเลผ่านถุงกรองขนาด 50 ไมครอน ลงสู่ถังพักน้ำความจุ 3,000 ลิตร จากนั้นฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนผงความเข้มข้น 30 มก./ลิตร พร้อมให้อากาศต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 2–3 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายตัว ตรวจสอบคลอรีนตกค้างด้วยชุดทดสอบ หากปรากฏสีเหลืองให้เติม โซเดียมไทโอซัลเฟต 3–5 มก./ลิตร เพื่อกำจัดคลอรีนที่เหลืออยู่ ก่อนนำน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อไปใช้ในการเลี้ยงและอนุบาลเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล

3. การขุนเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล

นำพ่อแม่พันธุ์เม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลมาเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1,000 ลิตร ที่จัดวางหินและทราย พร้อมให้อากาศตลอดเวลาในระบบปิด โดยเปิดระบบน้ำหมุนเวียนล่วงหน้า 5 วัน เพื่อให้เกิดสาหร่ายธรรมชาติเป็นอาหารระหว่างการขุนเลี้ยงให้สาหร่ายผักกาดทะเล สาหร่ายพวงองุ่น และสาหร่ายขนนก (ศุภกานต์ และคณะ, 2564) ในอัตรา 1 กก./100 ตัว ทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 25 วัน

4. การกระตุ้นให้เม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

นำเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล จำนวน 100 ตัว มากระตุ้นให้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ด้วยวิธีการฉีด 0.5 M KCl ปริมาณ 2 มิลลิกรัมต่อตัว เข้าที่บริเวณเนื้อเยื่อรอบปาก ตามวิธีของ Jose et al. (2007) หลังจากนั้น เม่นทะเลแต่ละตัวจะถูกแยกใส่ภาชนะละ 1 ตัว เพื่อรอการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

ตัวอ่อนเม่นทะเลระยะ pluteus อายุ 1 วัน เป็นตัวอ่อนลอยน้ำที่มีขนาดเล็กและมีลักษณะโปร่งใส จึงไม่สามารถตรวจนับด้วยตาเปล่าได้ การกำหนดจำนวนเริ่มต้นของตัวอ่อนในการทดลองจึงต้องใช้วิธีการที่มีความแม่นยำ โดยรวบรวมตัวอ่อนผ่านกระชอนตาขนาด 100 ไมครอน และวางกระชอนไว้เหนือน้ำทะเลสะอาดเพื่อลดแรงกระแทก จากนั้นทำการคนเบา ๆ เพื่อให้ตัวอ่อนกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอก่อนการสุ่มตัวอย่างเพื่อนับจำนวน การกำหนดจำนวนตัวอ่อนดำเนินการโดยใช้ Sedgwick–Rafter Counting Cell ซึ่งมีปริมาตรมาตรฐาน 1 มิลลิลิตร โดยดูดตัวอย่างด้วยปิเปตปากกว้างเพื่อลดความเสียหายของแขน pluteus หยดตัวอย่างลงในช่องนับ ปิดแผ่นปิด และปล่อยให้ตัวอย่างอยู่นิ่งก่อนทำการตรวจนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายต่ำถึงปานกลาง ตามวิธีของ Agrawal and Gopal (2012)

5. การอนุบาลลูกเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล ระยะ Pluteus

ในการทดลองนี้กำหนดความหนาแน่นเริ่มต้นของลูกเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลระยะ pluteus larvae ที่ระดับ 300 ตัวต่อลิตร (ศุภกานต์ และคณะ, 2561) ซึ่งเป็นความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การลอยตัว และการกินแพลงก์ตอนพืช โดยช่วยลดความแออัดและการแข่งขันอาหาร รวมทั้งเอื้อต่อการรักษาคุณภาพน้ำได้ดี แนวทางนี้สอดคล้องกับหลักการอนุบาลตัวอ่อนสัตว์ทะเลระยะลอยตัว เช่น ลูกหอยระยะ veliger ที่ต้องควบคุมความหนาแน่นเพื่อป้องกันความเสียหายจากการเบียดเสียด

การอนุบาลดำเนินในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร) เติมน้ำทะเลปริมาตรใช้งาน 300 ลิตร และให้อากาศเบา ๆ ตลอดการอนุบาล ภายใต้ความหนาแน่นนี้ จะมีจำนวนลูกเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลระยะ pluteus ที่ใช้ต่อถังเท่ากับ 90,000 ตัวต่อถัง

การทดลองออกแบบโดยใช้ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง (treatments) โดยแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (replicates) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 การอนุบาลเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล ระยะ pluteus ด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิด *Chlorella* sp.

ชุดการทดลองที่ 2 การอนุบาลเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล ระยะ pluteus ด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิด *Nannochloropsis* sp.

ชุดการทดลองที่ 3 การอนุบาลเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล ระยะ pluteus ด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิด *Tetraselmis* sp.

6. การให้อาหารลูกเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล ระยะ Pluteus

ในการทดลองนี้ใช้แพลงก์ตอนพืชเซลล์เดียวจำนวน 3 ชนิดตามแผนการทดลอง ก่อนการให้อาหารแต่ละครั้งจะตรวจนับความหนาแน่นของเซลล์แพลงก์ตอนพืชโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ร่วมกับสไลด์นับเม็ดเลือด (hemocytometer) เพื่อกำหนดปริมาณอาหารที่เหมาะสม จากนั้นให้แพลงก์ตอนพืชในถังทดลองที่ความหนาแน่น 5×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตรต่อวัน ตามแนวทางของ Kongsabai et al. (2025) หลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกครั้ง จะทำการตรวจนับจำนวนเซลล์แพลงก์ตอนพืชที่คงเหลือในถังทดลอง และปรับปริมาณอาหารเพิ่มเติมเพื่อรักษาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนให้คงที่ที่ระดับดังกล่าวตลอดระยะการทดลอง มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในถังอนุบาลร้อยละ 30 ของปริมาตรน้ำทุก 2 วัน ตัวอ่อนเม่นทะเลระยะ pluteus ถูกอนุบาลเป็นระยะเวลา 28–32 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ตัวอ่อนเริ่มลงเกาะที่พื้นถัง จากนั้นทำการสุ่มนับจำนวนลูกเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลที่ลงเกาะพื้นถัง เพื่อนำข้อมูลมาคำนวณอัตราการรอดของลูกเม่นทะเลในแต่ละชุดการทดลอง ดัง Equation 1:

$$\text{Survival rate (\%)} = \frac{\textbf{Number of larvae at the end x 100}}{\textbf{Initial number of larvae}} \qquad (1)$$

Survival rate (%) is the percentage of larvae surviving to the end of the experiment relative to the initial number.

7. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงทุก 2 วัน โดยวัดความเค็มด้วย salinity refractometer (ppt) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและอุณหภูมิด้วย DO meter รุ่น YSI 550A (DO: mg/L; อุณหภูมิ: °C) และค่าความเป็นกรด–ด่างด้วย pH meter รุ่น CyberScan pH 11 จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ไนเตรท ภายในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Koroleff's indophenol blue method, colorimetric method และ titration method ตามลำดับ ค่าคุณภาพน้ำวัดด้วยเครื่อง UV–Vis spectrophotometer รุ่น i5 (Hanon) และรายงานผลตามวิธีมาตรฐานการจัดการคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Boyd, 2019)

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปโปรแกรม RStudio เพื่อทดสอบความแปรปรวน แบบ One way Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อเปรียบเทียบผลของชนิดแพลงก์ตอนพืชที่แตกต่าง

กันต่อประสิทธิภาพการอนุบาลตัวอ่อนเม่นทะเล ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยอัตราการรอด (%) และอัตราความสำเร็จในการลงเกาะของตัวอ่อนในแต่ละชุดการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของเม่นทะเลด้วยวิธีฉีด 0.5 M KCl

การกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลดำเนินการตามวิธีของ Jose et al. (2007) โดยฉีดสารละลาย KCl ความเข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 2 ml ต่อตัว บริเวณเนื้อเยื่อรอบปาก การฉีดดังกล่าวกระตุ้นการหดตัวของระบบกล้ามเนื้อและระบบท่อน้ำ ส่งผลให้ความดันภายในต่อมสืบพันธุ์เพิ่มขึ้นและเกิดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ผ่านรูเพศบริเวณแผ่น apical plateหลังการฉีด เม่นทะเลถูกแยกเลี้ยงเป็นรายตัว และสามารถสังเกตการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของเพศผู้และเพศเมียได้อย่างชัดเจน ดังแสดงใน Fig. 1

(A) (B)

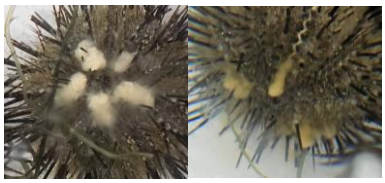


Fig. 1 (A) Illustrates the response of male sea urchins to KCl induction, showing a conspicuous radial discharge of dense, whitish sperm from all five gonopores. (B) Shows the initial response of female sea urchins, characterized by the release of a pale yellow, mucus-like mass around the oral plate, indicative of egg extrusion.

ผลของการอนุบาลลูกเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลระยะ pluteus ด้วยแพลงก์ตอนพืช 3 ชนิด

จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ชนิดของแพลงก์ตอนพืชมีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการรอดและความเร็วในการพัฒนาของตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลในระยะ pluteus โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ *Tetraselmis* sp. เป็นอาหารหลัก สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโต ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งในด้านอัตราการรอด การเริ่มลงเกาะและระยะเวลาการพัฒนารวม ซึ่งสะท้อนถึงคุณภาพทางโภชนาการและความเหมาะสมของแพลงก์ตอนชนิดนี้ต่อความต้องการของตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลโดยตรง อัตราการรอดของตัวอ่อนที่ได้รับ *Tetraselmis* sp. สูงถึงร้อยละ 65.3 หรือ 58,743 ตัว ซึ่งสูงกว่า *Nannochloropsis* sp. และ *Chlorella* sp. อย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Carboni et al. (2012) ที่ใช้ไมโครแอลจีเป็นอาหารสำหรับตัวอ่อนเม่นทะเล *Paracentrotus lividus* และรายงานว่าแพลงก์ตอนพืชที่มี องค์ประกอบและสัดส่วนของกรดไขมันที่เหมาะสม โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวกลุ่ม n-3 (long-chain polyunsaturated fatty acids; LC-PUFA) เช่น eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด และการพัฒนาทางสัณฐานของตัวอ่อนเม่นทะเล เนื่องจากกรดไขมันกลุ่มดังกล่าวเป็นองค์ประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์และเกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาทางสรีรวิทยาในระยะตัวอ่อน ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราการรอดและประสิทธิภาพการพัฒนาได้อย่างชัดเจน แพลงก์ตอนพืชชนิด *Tetraselmis* sp. เป็นกลุ่ม flagellated microalgae ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณของโปรตีนและไขมันในสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาโครงสร้างร่างกายของตัวอ่อน โดยเฉพาะการสร้างโครงสร้างแคลเซียมคาร์บอเนต (skeletal rods) ในระยะ pluteus นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น ได้แก่ EPA, DHA และ ARA ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาระบบประสาท ระบบเยื่อหุ้มเซลล์ และกระบวนการเปลี่ยนแปลงระยะ (metamorphosis) ของสัตว์น้ำ

ในช่วงตัวอ่อน (Carboni et al., 2012) ส่งผลให้ตัวอ่อนที่ได้รับ *Tetraselmis* sp. มีความสมบูรณ์ แข็งแรง และสามารถในการเข้าสู่ระยะ juvenile ได้รวดเร็วและมีเสถียรภาพ

Table 1 Survival and settlement of sea urchin larvae fed different microalgae species

Treatment	Survived	Survival rate (%)	Date of landing (days)	Total landing days (days)
Chlorella sp.	21,496[a]	23.9±1.2[a]	33[a]	38[a]
Nannochloropsis sp.	29,679[b]	32.9±1.5[b]	30[b]	36[b]
Tetraselmis sp.	58,743[c]	65.3±2.1[c]	28[c]	32[c]

*Values are means±SD. Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$)

ในด้านระยะเวลาการพัฒนา พบว่าตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วย *Tetraselmis* sp. เริ่มลงเกาะภายใน 28 วัน และใช้ระยะเวลาพัฒนาทั้งหมดเพียง 32 วัน ซึ่งเร็วกว่าชุดทดลองอื่นอย่างชัดเจน (Table 1) ผลดังกล่าวสะท้อนถึงความพร้อมของพลังงานและสารอาหารที่จำเป็นต่อการเร่งกระบวนการพัฒนาของตัวอ่อน โดยเฉพาะการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว (LC-PUFA) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในช่วงการเปลี่ยนผ่านจากระยะแพลงก์ตอนสู่ระยะลงเกาะ งานของ Scholtz et al. (2013) ในเม่นทะเล *Tripneustes gratilla* รายงานในทำนองเดียวกันว่าไมโครแอลจีที่มีคุณภาพทางไขมันสูงสามารถเร่งกระบวนการ metamorphosis และเพิ่มอัตราการรอดของตัวอ่อนได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับ *Nannochloropsis* sp. และ *Chlorella* sp. พบว่าคุณลักษณะทางโภชนาการและโครงสร้างเซลล์แตกต่างจาก *Tetraselmis* sp. อย่างชัดเจน โดย *Nannochloropsis* sp. มีขนาดเซลล์เล็กมาก ส่งผลให้ตัวอ่อนได้รับพลังงานต่อหน่วยการกินต่ำกว่าขณะที่ *Chlorella* sp. มีผนังเซลล์หนาและย่อยได้ยาก ทำให้การนำสารอาหารไปใช้เกิดขึ้นได้ช้ากว่า ส่งผลต่อความเร็วในการพัฒนาและอัตราการรอดโดยรวม รูปแบบดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานในงานเลี้ยงปลิงทะเลและหอยทะเลวัยอ่อน ซึ่งระบุว่าแพลงก์ตอนที่มีขนาดเซลล์เหมาะสม เคลื่อนที่ได้ดี และมีกรดไขมันจำเป็นสูง ให้ผลการอนุบาลที่ดีที่สุด (Lawrence, 2013)

นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของ *Tetraselmis* sp. ยังสะท้อนบทบาทขององค์ประกอบทางชีวเคมีอื่น เช่น carotenoids, sterols และกรดอะมิโนจำเป็น ซึ่งมีความสำคัญต่อการเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน การสร้างเยื่อหุ้มเซลล์และการทำงานของเอนไซม์ในระดับเซลล์ โดยเฉพาะ sterols ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเล รวมถึงกลุ่ม echinoderm (Drummond, 2011) เมื่อพิจารณาในเชิงระบบเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ผลการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า *Tetraselmis* sp. ไม่เพียงช่วยเพิ่มอัตราการรอดของตัวอ่อน แต่ยังลดระยะเวลาการอนุบาลก่อนลงเกาะ ซึ่งส่งผลต่อการลดต้นทุนและความเสี่ยงในระบบ hatchery อีกทั้งยังเพิ่มความสม่ำเสมอของการผลิตลูกเม่นทะเลวัยอ่อน ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงยืนยันว่า *Tetraselmis* sp. เป็นแพลงก์ตอนพืชที่มีศักยภาพสูง เหมาะสมต่อการอนุบาลตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลในระยะ pluteus ทั้งในด้านการเร่งการพัฒนา การเพิ่มอัตราการรอด และคุณภาพของ juvenile ที่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของงานวิจัยระดับนานาชาติในสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลังหลายกลุ่ม (Zhao et al., 2010)

พัฒนาการของตัวอ่อนเม่นทะเลตั้งแต่ระยะ Pluteus จนถึงเม่นทะเลวัยอ่อน

วงจรชีวิตของเม่นทะเลเริ่มจากระยะตัวอ่อนแบบแพลงก์โทนิกที่ลอยอยู่ในคอลัมน์น้ำ ก่อนเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนรูปเป็นตัวอาศัยหน้าดิน (Mos et al., 2014) การพัฒนาของตัวอ่อนสามารถจำแนกออกเป็นระยะต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน ดังแสดงใน Fig. 2 โดยระยะแรกคือ early pluteus (Fig. 2A) ซึ่งมีลำตัวขนาดเล็ก แขนสั้น และโครงสร้างภายในยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ ลักษณะดังกล่าวเอื้อต่อการลอยตัวและการเริ่มกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร (Strathmann, 1971) เมื่อการ

พัฒนาเพิ่มขึ้น ตัวอ่อนเข้าสู่ระยะ late pluteus (Fig. 2B) โดยมีการยืดตัวของแขนและการพัฒนาระบบทางเดินอาหารที่ชัดเจนขึ้น สะท้อนถึงประสิทธิภาพในการกินอาหารและการสะสมพลังงานที่เพิ่มขึ้น (Sewell and Young, 1999; Gibson, 2011) จากนั้นพัฒนาสู่ระยะ advanced pluteus และ competent larva (Fig. 2C) ซึ่งเริ่มก่อตัวของโครงสร้างเม่นทะเลวัยอ่อน (juvenile rudiment) และมีความสามารถในการรับรู้สัญญาณสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการลงเกาะและการเปลี่ยนรูป (Gibson, 2011) ภายหลังการเปลี่ยนรูป ตัวอ่อนพัฒนาเป็นเม่นทะเลวัยอ่อน (juvenile sea urchin) (Fig. 2D) ซึ่งมีลำตัวทรงกลมและเริ่มพัฒนาเข็ม แสดงถึงการเปลี่ยนผ่านจากการดำรงชีวิตแบบแพลงก์โทนิกไปสู่การดำรงชีวิตแบบหน้าดินอย่างสมบูรณ์ กระบวนการเปลี่ยนรูปดังกล่าวเป็นขั้นตอนสำคัญที่กำหนดความสำเร็จในการตั้งถิ่นฐานและการอยู่รอดของเม่นทะเลในระบบนิเวศทางทะเล (Zhao et al., 2010)

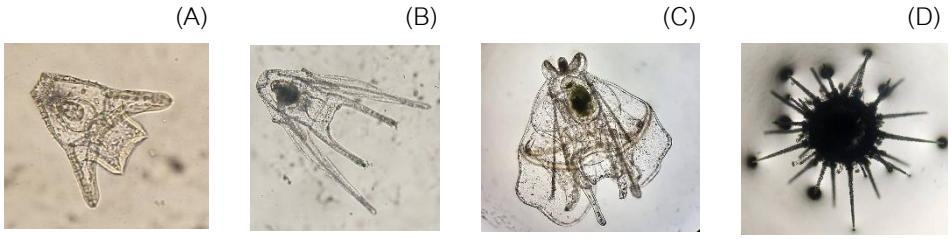


Fig. 2 (A) Early pluteus larva characterized by a compact body and short arms. (B) Advanced pluteus larva showing elongated arms and a streamlined body. (C) Competent (metamorphosing) larva exhibiting developing juvenile structures, indicating readiness for settlement. (D) A juvenile sea urchin after metamorphosis, characterized by a spherical body with developing spines, indicating successful settlement and transition from the larval stage.

Table 2 Water quality parameters in each experimental treatment during sea urchin larval rearing.

Treatment	Temperature (°C)	DO (mg/L)	pH	Ammonia (mg/L)	Nitrite (mg/L)	Nitrate (mg/L)
Treatment 1	30.93±1.42[a]	6.24±0.48[a]	8.54±0.17[a]	0.07±0.03[a]	1.09±0.73[a]	0.38±0.17[a]
Treatment 2	29.89±1.54[a]	5.23±0.27[a]	8.42±0.08[a]	0.03±0.01[a]	0.48±0.63[a]	0.35±0.15[a]
Treatment 3	31.96±1.54[a]	6.06±0.20[a]	8.65±0.07[a]	0.02±0.01[a]	0.02±0.29[a]	0.02±0.13[a]

*Values are mean±SD. Means within the same column followed by the same superscript letter are not significantly different (One-way ANOVA, $p > 0.05$).

จากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งสามชุดการทดลอง (Table 2) พบว่าสภาพแวดล้อมทางกายภาพและเคมีของน้ำมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาของตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลระยะ pluteus อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.89–31.96 °C ซึ่งสอดคล้องกับช่วงที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของตัวอ่อนเม่นทะเลในเขตร้อน (Lawrence, 2013) และเอื้อต่อกระบวนการเมตะบอลิซึม การแบ่งเซลล์ และการสร้างโครงร่างแคลเซียมคาร์บอเนต ค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 5.23–6.24 มก./ลิตร ซึ่งเพียงพอต่อการหายใจและการเผาผลาญพลังงานของตัวอ่อน โดยระดับมากกว่า 5 มก./ลิตร ถือว่าเหมาะสมต่อสัตว์น้ำวัยอ่อน (Boyd, 2019) ค่าความเป็นกรด–ด่างของน้ำอยู่ในช่วง pH 8.42–8.65 ใกล้เคียงกับน้ำทะเลธรรมชาติ และเหมาะสมต่อกระบวนการสร้างโครงร่างแคลเซียมคาร์บอเนตของตัวอ่อนในระยะ pluteus (Kaneniwa and Takagi, 1986) ขณะที่ระดับแอมโมเนียมีค่าต่ำมาก 0.02–0.07 มก./ลิตร อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย ลดความเป็นพิษและความเครียดทางสรีรวิทยา (Boyd, 2019) ค่าไนไตรท์ 0.02–1.09 มก./ลิตร และไนเตรท 0.02–0.38 มก./ลิตร อยู่ในช่วงต่ำ สะท้อนถึงระบบไนโตรเจนที่มีเสถียรภาพและเหมาะสมต่อการอนุบาลสัตว์น้ำทะเลวัยอ่อน (Sewell

et al., 1999) คุณภาพน้ำของทั้งสามชุดการทดลองมีความเหมาะสมและเสถียรต่อการอนุบาลตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลในระยะ pluteus ส่งเสริมการกินอาหาร การเจริญเติบโต และการพัฒนาไปสู่ระยะลงเกาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับรายงานที่ชี้ว่าความเสถียรของอุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ และ pH เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของระบบเพาะฟัก (Lawrence, 2013)

สรุป

การอนุบาลตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล (*Temnopleurus toreumaticus*) ระยะ pluteus ด้วยแพลงก์ตอนพืช 3 ชนิด พบว่า *Tetraselmis* sp. ให้ผลดีที่สุด โดยมีอัตราการรอดสูงสุดถึง 65.3% และใช้ระยะเวลาการลงเกาะสั้นที่สุดเมื่อเทียบกับ *Chlorella* sp. และ *Nannochloropsis* sp. เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะกรดไขมันจำเป็น (LC-PUFA) รวมทั้งลักษณะเซลล์ที่เหมาะสมต่อการกินและการย่อยของตัวอ่อน ประกอบกับคุณภาพน้ำในทุกชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม ส่งผลให้ *Tetraselmis* sp. เป็นแพลงก์ตอนพืชที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการอนุบาลตัวอ่อนเม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาลในระยะนี้

เอกสารอ้างอิง

สอฟียูดีน มะแอ, จิติมา สุวรรณมาลา, ซุกรี หะยีสำแม .2564. องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาล *Temnopleurus toreumaticus* (Leske, 1778) ที่พบบริเวณอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 59 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, หน้า 606-613.

ศุภกานต์ ชัยโชติรานันต์, ธเนศ พุ่มทอง, วาสนา พรมราช. 2561. รายงานประจำปี 2561 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Agrawal, A., Gopal, K. 2012. Analysis of phytoplankton and zooplankton: qualitative and quantitative. In: Biomonitoring of water and wastewater. Springer India. 33–40.

Boyd, C.E. 2019. Water quality protection. In: Water quality: an introduction. Springer. 379–409.

Carboni, S., Vignier, J., Chiantore, M., Tocher, D.R., Migaud, H. 2012. Effects of dietary microalgae on growth, survival and fatty-acid composition of sea urchin Paracentrotus lividus throughout larval development. Aquaculture 324–325: 250–258.

Drummond, A.E. 2011. Reproduction of the sea urchin Stomopneustes variolaris (Lam.) on the east coast of South Africa. Invertebr. Reprod. Dev. 20: 259–266.

Gibson, R., Atkinson, R., Gordon, J., Smith, I., Hughes, D. 2011. Impact of ocean warming and ocean acidification on marine invertebrate life history stages: vulnerabilities and potential for persistence in a changing ocean. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 49: 1–42.

Hasan, M.H. 2019. Effect of climate change on the reproduction pattern of sea urchin Echinometra mathaei at the Gulf of Suez, Red Sea, Egypt. Egypt. J. Aquat. Biol. Fish. 23: 527–544.

Jose, J.J., Lipton, A.P., Anil, M.K. 2007. Induced spawning and larval rearing of sea urchin Echinometra mathaei (de Blainville, 1825). J. Mar. Biol. Assoc. India 49: 230–233.

Kaneniwa, M., Takagi, T. 1986. Fatty acids in the lipid of food products from sea urchin. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 52: 1681–1685.

Kongsabai, R., Pattarapanyawong, N., Thongnork, C. 2025. Effects of broodstock body weight and spawning induction methods on gamete yield in the brown decorated sea urchin (Temnopleurus toreumaticus). In: Proc. Int. Fish. Symp. Universitas Diponegoro.

Lawrence, J.M. 1975. On the relationship between marine plants and sea urchins. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 13: 213–286.

Lawrence, J.M. 2006. Edible sea urchins: biology and ecology. Elsevier.

Lawrence, J.M. 2013. Sea urchins: biology and ecology. Academic Press.

Mos, B., Byrne, M., Dworjanyn, S.A. 2014. Changes in carbonate chemistry during culture determines sea urchin growth and gonad production and increases susceptibility of aquaculture to ocean acidification. Aquaculture 240: 1–10.

Strathmann, R.R. 1971. The feeding behavior of planktotrophic echinoderm larvae: mechanisms, regulation, and rates of suspension feeding. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 6: 109–160.

Scholtz, R., Bolton, J.J., Macey, B.M. 2013. Effects of different microalgal feeds and their influence on larval development in the white-spined sea urchin Tripneustes gratilla. Afr. J. Mar. Sci. 35: 25–34.

Sewell, M.A., Young, C.M. 1999. Temperature limits of fertilization and early development in the tropical sea urchin Echinometra lucunter. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 236: 291–305.

Walker, C.W., Lesser, M.P. 1998. Manipulation of food and photoperiod promotes out-of-season gametogenesis in the green sea urchin Strongylocentrotus droebachiensis: implications for aquaculture. Mar. Biol. 132: 663–676.

Zhao, C., Zhang, W., Chang, Y., Liu, P. 2010. Test and gonad characteristics in different genders of cultivated sea urchins (Strongylocentrotus intermedius, Agassiz): first insight into sexual identification. Afr. J. Biotechnol. 9: 7560–7563.

ผลของ 17 อัลฟา-เมทิลเทสโทสเตอโรนต่อการแปลงเพศของลูกปลากัดสายพันธุ์หางพระจันทร์ครึ่งซีก (*Betta splendens*) ด้วยวิธีการแช่

Effect of 17 Alpha-Methyltestosterone on Sex Reversal in Halfmoon Betta Fish (*Betta splendens*) Larvae by Immersion Method

อสมาภรณ์ สิริวัชราทร[a,*], **อรพร หมื่นพล**[a], **สันติ พ่วงเจริญ**[b], **จักร อรัณยกานนท์**[a]

Asamaporn Siriwatcharathorn[a,*], Oraporn Mennpol[a], Santi Poungcharean[b], Chak Aranyakanont[a]

[a]ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[b]ภาควิชาชีวะวิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

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

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

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตปลากัดเพศผู้ล้วนโดยใช้ฮอร์โมน 17อัลฟา-เมทิลเทสโทสเตอโรน (17α-MT) และเพื่อระบุช่วงอายุที่เหมาะสมต่อการเหนี่ยวนำการเปลี่ยนเพศ ลูกปลากัดวัยอ่อนถูกตรวจสอบพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ด้วยวิธีมิญชวิทยา ในช่วงอายุ 2–26 วันหลังฟัก (DAH) พบว่าอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียเริ่มปรากฏเมื่ออายุ 14 DAH และเพศผู้ปรากฏเมื่ออายุ 17 DAH แสดงว่าก่อน 14 DAH เป็นระยะที่กระบวนการกำหนดเพศยังไม่สมบูรณ์และเหมาะสมต่อการให้ฮอร์โมน การให้ฮอร์โมนระดับ 200, 400 และ 600 µg/L ในช่วงอายุ 7–14 และ 7–21 DAH พบว่า 200 µg/L ให้ผลเป็นเพศผู้ได้ดีที่สุด (68.4%) และมีสัดส่วนเพศผู้สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และการเพิ่มระยะเวลาให้ฮอร์โมนจาก 7–14 DAH เป็น 7–21 DAH ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเพศ ผลการศึกษายืนยันว่าการให้ 17α-MT ก่อนอายุ 14 DAH ที่ระดับ 200 µg/L เหมาะสมในการผลิตปลากัดเพศผู้ล้วน

คำสำคัญ: 17อัลฟา-เมทิลเทสโทสเตอโรน, การกำหนดเพศ, พัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์, เพศผู้ล้วน, มิญชวิทยา

Abstract

This study aimed to achieve all-male production in betta fish using 17α-methyltestosterone (17α-MT) and to determine the appropriate age range for sex reversal. Gonadal development of betta fry was examined through histology, focusing on early gonad genesis, from 2 to 26 days after hatch (DAH). Ovarian structures first appeared at 14 DAH and testicular structures at 17 DAH, indicating that sex differentiation remains incomplete before 14 DAH and that this stage is suitable for hormonal intervention. Betta fry treated with 17α-MT at 200, 400, and 600 µg/L during 7–14 and 7–21 DAH showed that 200 µg/L produced the highest male proportion (68.4%), significantly higher than the control group ($p < 0.05$), whereas extending treatment duration from 7–14 to 7–21 DAH had no significant effect. These findings confirm that administering 17α-MT before 14 DAH at 200 µg/L is the most effective condition for all-male production in betta fish.

Keywords: 17α-methyltestosterone, all-male production, Gonad genesis, Histology, Sex determination

คำนำ

ปลากัด (*Betta splendens*) เป็นสัตว์น้ำประจำชาติของไทย ซึ่งดึงดูดความสนใจของผู้เลี้ยงปลาจากต่างประเทศ จนเกิดการส่งปลากัดไทยออกสู่ตลาดปลาสวยงามทั่วโลก ข้อมูลทางสถิติจากกรมประมงในเดือนเมษายน พฤษภาคมและมิถุนายน พ.ศ. 2564 ปลากัดมีปริมาณการถูกส่งออกสูงสุดคิดเป็นจำนวน 1,787,551 ตัว, 1,554,104 ตัว และ 1,651,217 ตัว ตามลำดับ มีมูลค่า 20,800,148 บาท, 18,426,888 บาท และ 17,679,719 บาท ตามลำดับ ในการเลี้ยงจะนิยมปลาเพศผู้ที่เพราะมีสีสันสวยงามและครีบยาวกว่าเพศเมีย ส่งผลให้ในการผลิตเกษตรกรที่เพาะพันธุ์ปลากัดต้องคัดปลาครึ่งหนึ่งที่เป็นเพศเมียออก แต่ทั้งนี้การแยกเพศในปลากัดอายุน้อยยังทำไม่ได้ เกษตรกรต้องอนุบาลลูกปลาทั้งสองเพศ ไปจนกว่าจะมีอายุประมาณ 2 เดือน ที่เริ่มมีความแตกต่างทางลักษณะภายนอก จากนั้นจึงเลี้ยงเฉพาะเพศผู้ต่อจนกว่าจะโตได้ขนาดพร้อมส่งตลาด การศึกษาครั้งนี้จัดทำขึ้นโดยใช้ปลากัดหางพระจันทร์ครึ่งซีกเป็นต้นแบบเนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่มีครีบยาวสวยงามอย่างเห็นได้ชัด โดยมุ่งไปที่การใช้ฮอร์โมนกำหนดเพศของอวัยวะสืบพันธุ์ (gonadal sex determination) มีงานวิจัยจำนวนมากใช้ฮอร์โมน 17α-เมทิลเทสโทสเตอโรนในการเปลี่ยนแปลงเพศลูกปลา เช่น การศึกษาของ Kirankumar and Pandian (2002) รายงานผลการผลิตลูกปลากัดเพศผู้ล้วนด้วยการแช่ 17α- MT ที่ความเข้มข้น 100, 200, 500, 700, 900 และ 1,000 µg/L นาน 3 ชั่วโมงต่อครั้งในวันที่ 2, 5 และ 8 DAH พบว่า 17α-MT ที่ความเข้มข้น 100 µg/L ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเพศ และ ที่ความเข้มข้น 900 µg/L ทำให้ปลา 98% เป็นเพศผู้ แต่ส่งผลข้างเคียงโดยปลาที่ได้รับฮอร์โมนมีความยาวเพียง 50% ของปลาชุดควบคุม จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมีข้อสันนิษฐานว่าอายุของลูกปลาที่นำมาใช้ในการทดลองอาจยังไม่เหมาะสม และความเข้มข้นของฮอร์โมนที่มากเกินไปจึงทำให้ส่งผลต่อการพัฒนาร่างกาย ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 1. ศึกษาพัฒนาการสร้างและเจริญพันธุ์ของอวัยวะสืบพันธุ์ปลากัด เพื่อค้นหาช่วงอายุที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้สำหรับการทดลอง 2. ศึกษาการใช้ฮอร์โมน 17α- MT ในช่วงอายุที่ต่างกัน ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 600 µg/L

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารเคมี

เตรียมฮอร์โมนสังเคราะห์ 17α-เมทิลเทสโทสเตอโรน (Sigma, St. Louis, USA) ในรูปแบบผง 10 มิลลิกรัม ชั่งด้วยตาชั่งดิจิทัลทศนิยม 4 ตำแหน่ง เติม 99.5% เอทานอลเป็นตัวทำละลาย 1 มิลลิลิตร จะได้ stock solution ที่ความเข้มข้น 10 mg/mL

เตรียม 10% buffer formalin โดยใช้ฟอร์มาลีนเข้มข้น (stock solution) 40% ผสมกับน้ำกลั่น

การเตรียมสัตว์ทดลอง

การเตรียมพ่อแม่พันธุ์และการเพาะปลากัด

นำพ่อแม่พันธุ์ปลากัดหางพระจันทร์ครึ่งซีกที่ซื้อจากตลาดปลาจตุจักรทั้ง 5 คู่ มีความยาวทั้งหมด (TL) เฉลี่ย 7.12 ซม. มาแยกกักโรค โดยใส่ในแก้วพลาสติกขนาด 16 ออนซ์ โดยใช้แก้ว 1 ใบ ต่อ ปลากัด 1 ตัว กักโรคเป็นเวลา 2 อาทิตย์ ให้อาหารด้วยอาร์ทีเมียร์สดโตเต็มวัย วันละ 2 รอบ รอบละ 10 ตัว

เตรียมลังโฟมใส่น้ำครึ่งหนึ่ง และใส่ใบหูกวาง จากนั้นนำพ่อพันธุ์ใส่ลงในลังโฟม ทิ้งไว้ 1 วัน เมื่อปลาตัวผู้ก่อหวอดจึงนำตัวเมียใส่ลงไป เพื่อให้ผสมพันธุ์กัน จากนั้นจึงแยกตัวเมียออกหลังจากที่ผสมพันธุ์เสร็จแล้วเพื่อป้องกันไม่ให้ตัวเมียกินไข่ หลังจากนั้นแยกตัวผู้ออกหลังจากที่ลูกปลามีอายุ 6 วันหลังฟักออกจากไข่

การเก็บตัวอย่างสำหรับนำไปศึกษาทางมิญชวิทยา

สุ่มเก็บตัวอย่างลูกปลากัดวัยอ่อนที่อายุ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 31, 32 และ 35 วันหลังฟัก (Day after hatch; DAH) จำนวน 10 ตัว ใส่ใน Eppendorf tube 1.5 ml ที่ภายในมี 10% buffer formalin เริ่มให้ไรแดงสดเป็นอาหารที่อายุ 6 DAH วันละ 0.1 กรัม แบ่งเป็น 2 มื้อ หลังจากอายุ 21 DAH ให้เพิ่มเป็นวันละ 0.15 กรัม แบ่งเป็น 3 มื้อ

ขั้นตอนการทำมิญชวิทยา

นำตัวอย่างลูกปลาไปผ่านกระบวนการขจัดน้ำด้วยเครื่องขจัดน้ำอัตโนมัติ (Tissue processor – Amos ATP140) โดยใช้สารละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ และใส่ตัวอย่างลงในบล็อกพาราฟินเหลวเพื่อขึ้นบล็อกพาราฟิน จากนั้นนำบล็อกพาราฟินที่แข็งตัวแล้วไปตัดชิ้นเนื้อให้มีความหนา 5 ไมโครเมตร โดยใช้เครื่องตัด Microtome (PFM rotary 3005 E) และนำชิ้นเนื้อไปติดบนสไลด์เพื่อทำการย้อมสีด้วย Hematoxylin and Eosin (HE)

การแบ่งชุดการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยนำลูกปลาอายุ 6 DAH ที่ได้จากการเพาะมาแบ่งชุดการทดลองเพื่อเตรียมเริ่มการทดลองเมื่อลูกปลามีอายุ 7 DAH ทั้งหมด 7 ชุด ชุดละ 50 ตัว ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ คือ 1.ชุดความคุม (C) 2.ชุดที่ได้รับฮอร์โมน 200 µg/L ในช่วงอายุ 7–14 วันหลังฟัก (T1) 3.ชุดที่ได้รับฮอร์โมน 200 µg/L ในช่วงอายุ 7–21 วันหลังฟัก (T2) 4.ชุดที่ได้รับฮอร์โมน 400 µg/L ในช่วงอายุ 7–14 วันหลังฟัก (T3) 5.ชุดที่ได้รับฮอร์โมน 400 µg/L ในช่วงอายุ 7–21 วันหลังฟัก (T4) 6.ชุดที่ได้รับฮอร์โมน 600 µg/L ในช่วงอายุ 7–14 วันหลังฟัก (T5) และ 7.ชุดที่ได้รับฮอร์โมน 600 µg/L ในช่วงอายุ 7–21 วันหลังฟัก (T6) ใช้ลังโฟมเป็นที่อนุบาลลูกปลา

การใช้ฮอร์โมน

ตวงน้ำปริมาณ 2 ลิตรใส่กะละมังพลาสติกจำนวน 18 ใบ โดยใช้กระบอกตวงพลาสติกจากนั้นใส่ฮอร์โมนลงในน้ำความเข้มข้นตามที่แบ่งชุดการทดลองไว้ จากนั้นนำลูกปลาจากลังโฟมมาแช่ในกะละมังที่มีน้ำผสมฮอร์โมนเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำลูกปลาออกจากน้ำผสมฮอร์โมนกลับไปไว้ที่ลังอนุบาลและพักเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นทำขั้นตอนเดิมอีกครั้งจนอายุลูกปลาครบตามที่กำหนดไว้ในแต่ละชุดการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ในปลากัดวัยอ่อนโดยวิธีการมิญชวิทยา ในลูกปลากัดที่ทำการศึกษาพบว่าในช่องท้องบริเวณครีบหลังจนถึงก่อนคอดหางเป็นบริเวณที่พบ Primordial germ cells (PGCs) อยู่ ที่อายุ 2 DAH ความยาวทั้งหมดเฉลี่ย 3.15 มม. 4 DAH ความยาวเฉลี่ยทั้งหมด 3.32 มม. 6 DAH ความยาวเฉลี่ยทั้งหมด 3.51 มม. และ 8 DAH ความยาวเฉลี่ยทั้งหมด 4.42 มม. พบ gonadal ridges และที่อายุ 10 DAH ความยาวเฉลี่ย 5.4 มม. และ 12 DAH ความยาวเฉลี่ย 6.76 มม. พบ gonadal primordia ดังที่แสดงใน Fig. 1 และ Fig. 2 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการศึกษาทางมิญชวิทยาในลูกปลาช่อนอะราไพม่า (Arapaima gigas) ของ Zelada-Mázmela et al. (2021) ที่ลูกปลาอายุ 22 phd (post hatching day) มีส่วนที่ยื่นออกมา คือ gonadal ridges ที่ส่วนหลังของช่องท้อง และส่วนของ gonadal primordia นั้นพบในลูกปลาอายุ 23 phd จึงจัดให้อยู่ในช่วงที่อวัยวะสืบพันธุ์ไม่แตกต่างกัน (Undifferentiated Gonad phase) Primordial germ cells ที่เกิดขึ้นยังไม่สามารถกำหนดได้ว่าเป็นอัณฑะหรือรังไข่ มีคุณสมบัติทางเซลล์ที่มีลักษณะเฉพาะมีการแบ่งปันแอนติเจนไซต์ระหว่างเพศ โดยที่คุณสมบัตินี้จะไม่ปรากฏบนเซลล์ร่างกาย ทำให้สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า

เซลล์ที่จะพัฒนาไปเป็นอวัยวะสืบพันธุ์มีความคล้ายคลึงกันในทั้งสองเพศ และยังคงไม่มีความแตกต่างและยังไม่ทราบเพศแน่ชัด จนกว่าจะได้รับอิทธิพลจากฮอร์โมนหรืออิทธิพลอื่นๆจากอวัยวะสืบพันธุ์ที่กำลังพัฒนา (Devlin and Nagahama, 2002)

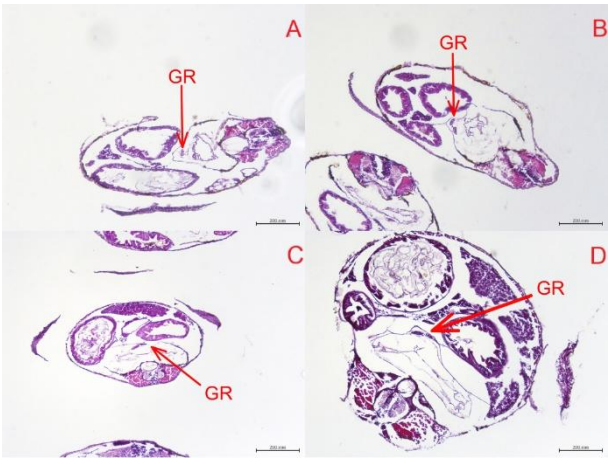


Fig. 1 Photomicrography of *Betta splendens*: (A) Histological cross-section of a fry measuring 3.15 mm in total length at 2 DAH; (B) Histological cross-section of a fry measuring 3.32 mm in total length at 4 DAH; (C) Histological cross-section of a fry measuring 3.51 mm in total length at 6 DAH; (D) Histological cross-section of a fry measuring 4.42 mm in total length at 8 DAH, showing the appearance of presumed gonadal ridges (GR) in the dorsal coelomic cavity. Staining: hematoxylin and eosin (HE)

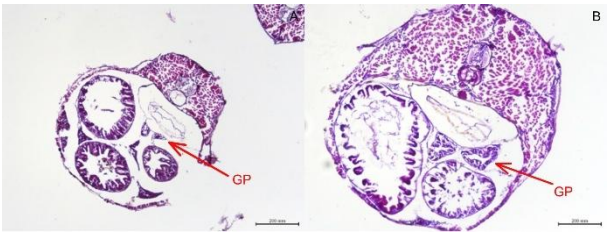


Fig. 2 Photomicrography of *Betta splendens*: (A) Histological cross-section of a fry measuring 5.4 mm in total length at 10 DAH; (B) Histological cross-section of a fry measuring 6.76 mm in total length at 12 DAH showing the gonadal primordia (GP) indicated by red arrows. Staining: hematoxylin and eosin (HE)

ในลูกปลากัดที่อายุ 14 DAH ความยาวทั้งหมดเฉลี่ย 9.33 มม. และ 17 DAH ความยาวทั้งหมดเฉลี่ย 11.7 มม. พบ oogonia และบางส่วนมีการพัฒนาไปเป็น perinucleolus oocytes และในลูกปลาที่อายุ 20 DAH ความยาวทั้งหมดเฉลี่ย 15.69 มม. และ 23 DAH ความยาวทั้งหมดเฉลี่ย 16.44 มม. พบ perinucleolus oocytes เป็นส่วนใหญ่ และมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุของลูกปลา ในส่วนของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้เริ่มพบ spermatogonia ระยะเริ่มต้นตั้งแต่ลูกปลามีอายุ 17 DAH ความยาวเฉลี่ย 11.7 มม. และมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุของลูกปลา ดังที่แสดงใน Fig. 3 และ Fig. 4 ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์และความแตกต่างทางเพศในปลาบู่กิ้งก่าของ Cho et al. (2014) พบ oogonia ครั้งแรกในอวัยวะสืบพันธุ์ที่ลูกปลาอายุ 55 DAH ซึ่งบ่งชี้ว่ากระบวนการสร้างเซลล์ไข่ได้เริ่มขึ้นแล้ว ในลูกปลาอายุ 70 วันหลังฟัก รังไข่เริ่มเต็มไปด้วย perinucleolus oocytes ความแตกต่างของอัณฑะสังเกตได้จากการพบเซลล์ spermatogonia ในลูกปลาอายุ 70 DAH อัณฑะจะใหญ่ขึ้นและจำนวนของอสุจิเริ่มเพิ่มขึ้น จึงจัดเป็นช่วงที่อวัยวะสืบพันธุ์

มีความแตกต่างกัน (differentiated gonad phase) มีการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์จนมีความแตกต่างกันระหว่างเพศทางสัณฐานวิทยา (morphological sex differentiation) (Ijiri et al., 2008) มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ระยะต้น (spermatogonia และ oogonia) และปลามีเพศที่แน่นอนและจะไม่เปลี่ยนตลอดชีวิต(Baroiller and D'Cotta, 2016)

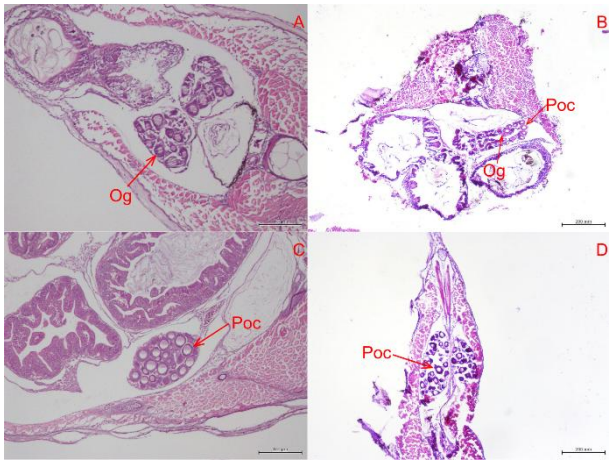


Fig. 3 Photomicrography of *Betta splendens*: (A) Histological cross-section of a fry measuring 9.33 mm in total length at 14 DAH showing the oogonia (Og) indicated by red arrows. (B) Histological cross-section of a fry measuring 11.7 mm in total length at 17 DAH showing the oogonia (Og) and perinucleolus oocytes (Poc) indicated by red arrows. (C) Histological cross-section of a fry measuring 15.69 mm in total length at 20 DAH; (D) Histological cross-section of a fry measuring 16.44 mm in total length at 23 DAH showing the perinucleolus oocytes (Poc) indicated by red arrows. Staining: hematoxylin and eosin (HE)

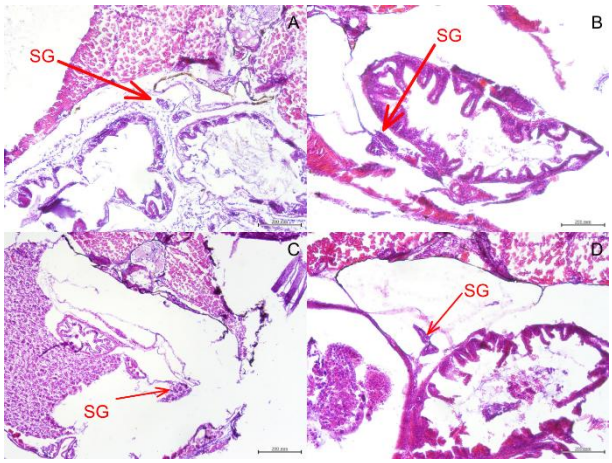


Fig. 4 Photomicrography of *Betta splendens*: (A) Histological cross-section of a fry measuring 11.7 mm in total length at 17 DAH; (B) Histological cross-section of a fry measuring 15.69 mm in total length at 20 DAH; (C) Histological cross-section of a fry measuring 16.44 mm in total length at 23 DAH; (D) Histological cross-section of a fry measuring 18.47 mm in total length at 26 DAH showing the spermatogonia (SG) indicated by red arrows. Staining: hematoxylin and eosin (HE)

การศึกษาของ Kirankumar and Pandian (2002) รายงานว่าที่ความเข้มข้น 900 µg/L นาน 3 ชั่วโมง ทำให้ปลา 98% เป็นเพศผู้ แต่ส่งผลข้างเคียงโดยปลาที่ได้รับฮอร์โมนมีความยาวเพียง 50% ของปลาชุดควบคุม ต่างจากผลการทดลองนี้ที่ใช้ 17**α**-MT ที่ความเข้มข้น 200, 400 และ 600 µg/L นาน 8 ชั่วโมงต่อครั้งที่อายุ 7–14 และ 7–21 DAH พบว่าความยาวของปลาชุดที่ได้รับฮอร์โมนไม่แตกต่างจากปลาที่ได้รับฮอร์โมนมากนักดังที่แสดงใน Fig. 5 และที่ความเข้มข้น

200 µg/L ให้ผลเป็นเพศผู้อยู่ที่ 68.4% โดยอัตราส่วนเพศผู้ของแต่ละชุดการทดลองแสดงใน Table 1 เพื่อให้เป็นไปตามสมมติฐานของ ANOVA ข้อมูลสัดส่วนเพศผู้ของแต่ละซ้ำได้ถูกแปลงค่าโดยใช้สูตร Arc-sine($\sqrt{p}$) จากนั้นวิเคราะห์ด้วย One-way ANOVA พบว่า กลุ่มการทดลองทั้ง 7 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{6,14} = 4.94$, $p < 0.01$) ตาม Table 2 ผลนี้แสดงว่ามีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่มีอัตราส่วนเพศผู้แตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จึงทำการทดสอบรายคู่ทั้ง 21 คู่ด้วย Tukey HSD พบว่า T1 ต่างจาก Control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คู่ที่มีแนวโน้มเข้าใกล้นัยสำคัญ ได้แก่ T1 vs T5 ($p \approx 0.052$) T1 vs T6 ($p \approx 0.061$) คู่เปรียบเทียบอื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ตาม Table 3 จากนั้นจึงใช้ Generalized Linear Model (Binomial, Logit) เพื่อวิเคราะห์ว่าระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนกับระยะเวลามีผลต่อการเปลี่ยนเป็นเพศผู้หรือไม่ จากผลของ Table 4 ทำให้ทราบว่า ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความน่าจะเป็นของการเป็นเพศผู้ โดยระดับ 200 µg/L ให้ค่าพารามิเตอร์ที่เป็นบวกและมีนัยสำคัญ (B = 0.693, Wald $\chi^2 = 5.725$, $p = 0.017$), ซึ่งเทียบเท่ากับ odds ratio = 2.00 (95% CI: 1.13–3.53) หมายความว่าการให้ฮอร์โมนที่ระดับ 200 µg/L เพิ่มโอกาสที่จะเป็นเพศผู้ประมาณสองเท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (0 µg/L) ที่ระดับ 400 µg/L และ 600 µg/L ไม่แสดงผลที่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$). ปัจจัยด้านระยะเวลา (7–14 vs 7–21 DAH) ไม่มีผลสำคัญ (B = 0.020, $p = 0.944$) และไม่มีปฏิสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนและการเพิ่มระยะเวลาให้ฮอร์โมนจาก 7–14 DAH เป็น 7–21 DAH (interaction terms $p > 0.05$ โดยรวม) อาจมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปรากฏการณ์ Paradoxical effects คือ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นแล้วขัดแย้งกับเหตุผลปกติ เนื่องจากอัตราส่วนเพศผู้ที่ลดลง เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของฮอร์โมนที่สูงขึ้น การศึกษาของ Ramee et al.(2020) พบว่าการทดลองแช่ลูกปลากระดี่แคระด้วย 17α-MT ที่ความเข้มข้น 0, 100 ,200 ,400 และ 800 µg/L สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครั้งละ 4 ชั่วโมง ระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอัตราส่วนเพศที่เกิดขึ้นกับความเข้มข้นของ 17α-MT ในการแช่กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของ 17α-MT เพิ่มขึ้น อัตราส่วนเพศผู้มีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม การทดสอบเปรียบเทียบภายหลัง (post-hoc test) ไม่สามารถตรวจพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองแต่ละระดับความเข้มข้นได้อย่างชัดเจน เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ที่เมื่อความเข้มข้นของฮอร์โมนเพิ่มขึ้น แต่อัตราส่วนเพศผู้กลับลดลงแต่เมื่อทำการทดสอบเทียบกับชุดควบคุมกลับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

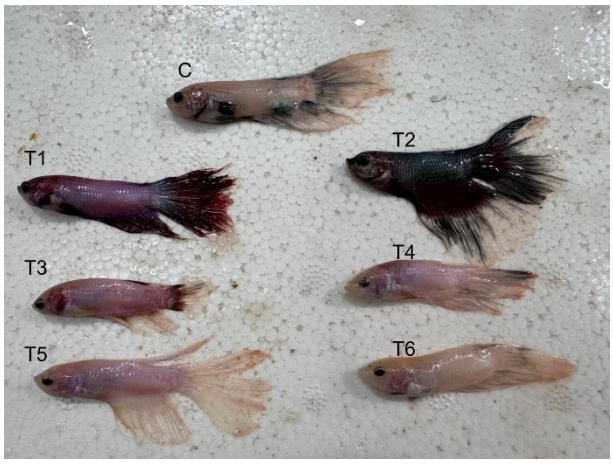


Fig. 5 Photo of male *Betta splendens* each Treatment: (C) is control TL is 61.0 mm. SL is 36.7 mm. (T1) is 200 µg/L 7-14 DAH TL is 54.4 mm. SL is 34.8 mm. (T2) is 200 µg/L 7-21 DAH TL is 59.1 mm. SL is 33.1 mm. (T3) is 400 µg/L 7-14 DAH TL is 42.8 mm. SL is 33.8 mm. (T4) is 400 µg/L 7-21 DAH TL is 49.6 mm. SL is 31.9 mm. (T5) is 600 µg/L 7-14 DAH TL is 56.7 mm. SL is 33.8 mm. (T6) is 600 µg/L 7-21 DAH TL is 55.5 mm. SL is 34.3 mm.

Table 1 Sex Distribution, Survival Rate, Mean Male, and SD (Standard Deviation) Statistical Parameters in the Experiment.

Treatment (n = 150)	Rep	Male	Female	Total (Fish)	Survival Rate (%)	Mean Male (%)	SD
Control	3	59	66	125	83.3%	47.2%	5.3
T1 200 µg/L 7-14 DAH	3	78	36	114	76.0%	68.4%	4.7
T2 200 µg/L 7-21 DAH	3	70	40	110	73.3%	63.6%	8.7
T3 400 µg/L 7-14 DAH	3	68	49	117	78.0%	58.1%	3.42
T4 400 µg/L 7-21 DAH	3	55	46	101	67.3%	54.5%	2.0
T5 600 µg/L 7-14 DAH	3	50	56	106	70.7%	47.2%	12.5
T6 600 µg/L 7-21 DAH	3	42	48	90	60.0%	46.7%	5.4

Table 2 One-way ANOVA of Arc-sine($\sqrt{p}$) Transformed Male Proportion.

Source of Variation	df	SS	MS	F	p
Between groups	6	0.14615	0.02436	4.94	< 0.01
Within groups	14	0.06910	0.00494		
Total	20	0.21525	-		

Table 3 Tukey HSD Pairwise Comparisons of Arc-sine($\sqrt{p}$) Transformed Values *(Only significant comparisons are shown)*

Pairwise Comparison	Mean Difference	95% CI	p - value
T1 – C	+0.2171	(−0.0143, +0.4485)	0.041*
T2 – C	+0.1685	(−0.0629, +0.3999)	0.118
T3 – C	+0.1088	(−0.1226, +0.3402)	0.412
T5 – T1	−0.2267	(−0.4581, +0.0047)	0.052
T6 – T1	−0.2195	(−0.4509, +0.0119)	0.061

*(p < 0.05)

Table 4 Results of GLM (Binomial logit) for Dose and Time (reference = Control 0 µg/L, Time = 21 DAH)

Variable (reference)	B	SE	Wald χ^2	df	p	OR (exp(B))	95% CI OR
(Intercept)	-0.134	0.2113	0.399	1	0.527	0.87	0.58–1.32
Dose = 200 vs 0	0.693	0.2897	5.725	1	0.017	2.00	1.13–3.53
Dose = 400 vs 0	0.312	0.2908	1.153	1	0.283	1.37	0.77–2.42
Dose = 600 vs 0	0.084	0.2788	0.091	1	0.763	1.09	0.63–1.88
Time = 14 vs 21	0.020	0.2872	0.005	1	0.944	1.02	0.58–1.79
Dose200 × Time14	0.193	0.4030	0.230	1	0.631	1.21	0.55–2.67
Dose400 × Time14	0.149	0.3974	0.141	1	0.707	1.16	0.53–2.53

สรุป

จากการศึกษาพบว่าช่วงอายุก่อน 14 วันหลังฟักเป็นช่วงที่กระบวนการกำหนดเพศยังไม่สมบูรณ์ จึงเหมาะสมต่อการนำมาศึกษาการใช้ฮอร์โมนเพื่อเหนี่ยวนำการเปลี่ยนเพศ และระดับฮอร์โมนที่ส่งผลให้ลูกปลาเปลี่ยนเป็นเพศผู้มากที่สุดคือ ฮอร์โมนที่ระดับความเข้มข้น 200 µg/L ($p < 0.05$) โดยการเพิ่มระยะเวลาให้ฮอร์โมนจาก 7–14 DAH เป็น 7–21 DAH ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเพศ เนื่องจากเมื่อลูกปลามีอายุตั้งแต่ 14 วันหลักฟักเป็นต้นไปคือช่วงที่กระบวนการกำหนดเพศสมบูรณ์แล้ว ลูกปลาจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพศแล้วแม้จะยังได้รับฮอร์โมนอยู่ มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปรากฏการณ์ Paradoxical effects เนื่องจากในความเข้มข้นที่มากขึ้นแต่อัตราส่วนเพศผู้กลับลดลง แต่เมื่อเทียบอัตราส่วนเพศผู้ที่ระดับความเข้มข้น 400 และ 600 µg/L กับชุดควบคุมแล้วไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากอยากได้คำตอบที่แน่ชัดอาจต้องทำการลดระยะเวลาการแช่ฮอร์โมนลง เพื่อดูผลลัพธ์ว่าอัตราส่วนเพศผู้ยังคงลดลงเมื่อความเข้มข้นของฮอร์โมนสูงขึ้นอยู่หรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำ ดูแล ให้ข้อเสนอแนะทางวิชาการและความช่วยเหลืออันมีค่า และสนับสนุนอย่างใกล้ชิดตลอดการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ตลอดจนขอขอบคุณเพื่อน ๆ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้ความช่วยเหลือด้วยความเมตตา ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณพ่อและคุณแม่ สำหรับความรัก ความเข้าใจ และแรงสนับสนุนที่เป็นกำลังใจสำคัญเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2564. สถิติการนำเข้า ส่งออก เดือนเมษายน พ.ศ. 2564. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20210606133336_1_file.pdf, 30 เมษายน 2565.

กรมประมง. 2564. สถิติการนำเข้า ส่งออก เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20210707174619_1_file.pdf, 30 เมษายน 2565.

กรมประมง. 2564. สถิติการนำเข้า ส่งออก เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20210606133432_1_file.pdf, 30 เมษายน 2565.

Baroiller, J.F., D'Cotta, H. 2016. The reversible sex of gonochoristic fish: insights and consequences. Sex Dev. 10: 242–266.

Cho, H.C., Hwang, I.J., Baek, H.J. 2014. Histological analysis of early gonadal development and sex differentiation in chameleon goby, Tridentiger trigonocephalus. Dev. Reprod. 18: 51–56.

Devlin, R.H., Nagahama, Y. 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture 208: 191–364.

Ijiri, S., Kaneko, H., Kobayashi, T., Wang, D.S., Sakai, F., Paul-Prasanth, B., Nagahama, Y. 2008. Sexual dimorphic expression of genes in gonads during early differentiation of a teleost fish, the Nile tilapia Oreochromis niloticus. Biol. Reprod. 78: 333–341.

Kirankumar, S., Pandian, T.J. 2002. Effect on growth and reproduction of hormone immersed and masculinized fighting fish Betta splendens. J. Exp. Zool. 293: 606–616.

Ramee, W.S., Lipscomb, N.T., DiMaggio, A.M. 2020. Effects of 17α-methyltestosterone feeding and immersion on masculinization of rosy barbs Pethia conchonius and dwarf gouramis Trichogaster lalius. J. World Aquac. Soc. 51: 1341–1353.

Zelada-Mázmela, R.F., Gutiérrez, G.A., Zelada-Mázmela, E. 2021. Histological description of the early gonadal development of Arapaima gigas. J. World Aquac. Soc. 53: 754–764.

อิทธิพลของฤดูมรสุมต่อพลวัตและความชุกชุมของลูกปลาวัยอ่อนในพื้นที่หาดประพาส จังหวัดระนอง

The influence of monsoons on the dynamics and abundance of larval fish in the Prapas beach area, Ranong province

วรวิช ป้านนาค[a,*], **ธีระพงศ์ ด้วงดี**[b], **นันทพงศ์ กิมไพ**[a], **ธเนศ อินตัน**[a]

Worawit Pannak[a,*], Teerapong Duangdee[b], Nantapong Kimpai[a], Thanate Intan[a]

[a]สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระนอง 85120

[b]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[a]Andaman Coastal Research Station for Development, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Ranong 85120, Thailand

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

*Corresponding author. E-mail address: worawit.pan@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินโครงสร้างประชาคม ความชุกชุม และการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลต่อลูกปลาวัยอ่อนบริเวณหาดประพาส จังหวัดระนอง ระหว่างเดือนมกราคม-ตุลาคม พ.ศ. 2568 ครอบคลุมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ โดยสำรวจในพื้นที่ย่อย 3 บริเวณ ได้แก่ พื้นทรายเปิดโล่ง พื้นที่ใกล้โขดหิน และบริเวณใกล้ปากคลอง ด้วยเครื่องมือประมงพื้นบ้านอวนรุนกุ้งเคยขนาดตา 1 มิลลิเมตร ผลการสำรวจพบปลาวัยอ่อนรวม 582 ตัว จำแนกได้ 17 วงศ์ โดยกลุ่มที่พบเด่น ได้แก่ Engraulidae, Clupeidae และ Megalopidae คิดเป็นร้อยละ 71.8 ช่วงชีวิตของปลาวัยอ่อนส่วนใหญ่อยู่ในระยะโพสต์เฟล็กชัน (ร้อยละ 68.9) และระยะวัยรุ่น (ร้อยละ 30.9) ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (15 วงศ์) พบปลาวัยอ่อนสูงกว่าลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (14 วงศ์) โดยพบระยะโพสต์เฟล็กชันมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนปลาวัยอ่อนที่พบทั้งหมดจากสองฤดูมรสุม ผลการวิเคราะห์ PERMANOVA ไม่พบความแตกต่างขององค์ประกอบชุมชนปลาวัยอ่อนระหว่างฤดูมรสุม โดยปัจจัยฤดูกาลอธิบายความแปรปรวนได้เพียงร้อยละ 18.14 สอดคล้องกับผล NMDS (Stress = 0.108) ที่พบการทับซ้อนของขอบเขตความเชื่อมั่นระหว่างสองฤดูกาล ชี้ให้เห็นว่าโครงสร้างชุมชนถูกกำหนดโดยความผันแปรเชิงเวลาระดับรายเดือนและปัจจัยทางกายภาพเฉพาะที่ มากกว่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูลมมรสุม

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางชีวภาพ, จังหวัดระนอง, ลูกปลาวัยอ่อน, หาดประพาส

Abstract

This study assessed the community structure, abundance, and seasonal variation of early life stages of fishes along Prapas Beach, Ranong Province, Thailand, from January to October 2025, covering the Northeast and Southwest monsoon. Sampling was conducted at three habitats—open sandy areas, rocky-adjacent zones, and near the estuary—using a local push net with a 1-mm mesh size. A total of 582 specimens of larval and juvenile fish representing 17 families were recorded, with Engraulidae, Clupeidae, and Megalopidae dominating (71.8%). Most individuals were in the post-flexion stage (68.9%), followed by juveniles (30.9%). Species richness was slightly higher during the SW monsoon (15 families) than the NE monsoon (14 families). PERMANOVA showed no clear difference in community composition between monsoon seasons, with season explaining only 18.14% of the variation. This was supported by NMDS ordination (Stress = 0.108), which showed substantial overlap between seasons, indicating that community structure was driven more by short-term temporal variability and local physical conditions than by seasonal.

Keywords: Biodiversity, Fish larvae, Prapas beach, Ranong Province

คำนำ

ระบบนิเวศชายฝั่ง เป็นพื้นที่ที่มีบทบาทสำคัญต่อการอนุบาลและหล่อเลี้ยงความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตทางทะเล โดยเฉพาะลูกปลาวัยอ่อนซึ่งเป็นช่วงชีวิตที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ช่วงชีวิตเริ่มแรกของปลามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการอยู่รอด การทดแทน และโครงสร้างประชากร โดยการกระจายตัว องค์ประกอบชุมชน และความชุกชุมของลูกปลาวัยอ่อนในเขตร้อนถูกควบคุมร่วมกันโดยปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ชายฝั่ง เช่น ความลึก ความลาดชันของหาด กระแสน้ำ และลมมรสุม รวมถึงปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ ความพร้อมของแหล่งอาหาร พื้นที่อนุบาล และแหล่งสืบพันธุ์วางไข่ (Ikejima et al., 2003; Nakane et al., 2010) ในบริบทของประเทศไทย ชายฝั่งทะเลฝั่งตะวันตกได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งควบคุมกระบวนการทางกายภาพของทะเลชายฝั่ง ได้แก่ ความรุนแรงของคลื่น กระแสน้ำ และการเคลื่อนที่ของมวลน้ำตามแนวชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีบทบาทต่อการพัดพา และการกระจายตัวของลูกปลาวัยอ่อน รวมถึงความพร้อมของแหล่งอาหาร การเปลี่ยนแปลงของฤดูลมมรสุมจึงส่งผลโดยตรงต่อลูกปลาวัยอ่อนในเขตชายฝั่ง โดยเฉพาะในระบบนิเวศเขตร้อนที่มีความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมตามฤดูกาลอย่างชัดเจน (Ikejima et al., 2003; Nakane et al., 2010; da Silva et al., 2018)

หาดประพาส จังหวัดระนอง ตั้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติแหลมสน มีความยาวประมาณ 3 กิโลเมตร ทางด้านทิศใต้ติดกับพื้นที่ชายฝั่งที่เป็นโขดหิน พื้นที่ตรงกลางเป็นหาดทรายเปิดโล่ง ส่วนด้านทิศเหนือเชื่อมต่อกับปากคลองกำพวน ลักษณะพื้นทรายเป็นทรายปนดินเลน และมีความลาดชันแตกต่างกันออกไปในแต่ละฤดูกาล (สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน, 2562) ลักษณะทางกายภาพดังกล่าว ประกอบกับการได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ส่งผลให้พื้นที่หาดประพาสมีความรุนแรงของคลื่น ลม และกระแสน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งเอื้อต่อการผสมผสานของมวลน้ำ การหมุนเวียนธาตุอาหาร และการพัดพาตัวอ่อน ด้วยเหตุนี้ หาดประพาสจึงมีศักยภาพสูงในการเป็นแหล่งอนุบาลของปลาทะเลหลายชนิด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดระนองและบริเวณใกล้เคียง โดยพบปลาวัยอ่อนตั้งแต่ 20–43 วงศ์ และมีความชุกชุมแตกต่างกันไปตามฤดูลมมรสุม (อภิชาติ, 2530; ธีระพงศ์, 2540; ประเสริฐ, 2540; สันติ, 2545; สุพิชญา, 2545) โดยวงศ์ที่พบเด่น ได้แก่ Clupeidae, Engraulidae และ Gobiidae ทั้งนี้ หลายการศึกษารายงานว่าความหนาแน่นของปลาวัยอ่อนมักสูงในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้หรือช่วงเปลี่ยนผ่านของฤดูกาลมรสุม อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความชุกชุมและการเปลี่ยนแปลงเชิงฤดูกาลของลูกปลาวัยอ่อนในพื้นที่ชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะบริเวณชายหาดค่อนข้างจำกัด

อวนรุนเป็นเครื่องมือประมงประเภทอวนถุง ใช้จับสัตว์น้ำด้วยการผลักในแนวราบ (กรมประมง, 2563) โดยในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดระนอง การทำประมงอวนรุนมักใช้แรงคน และสามารถจับสัตว์น้ำขนาดเล็กในเขตน้ำตื้นใกล้ชายฝั่งได้จำนวนมาก ส่งผลให้อวนรุนมีความเหมาะสมในการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำขนาดเล็กและลูกปลาในพื้นที่ที่เครื่องมืออวนลากมาตรฐานเข้าถึงได้จำกัด ซึ่งสอดคล้องกับ Claramunt et al. (2005)

ดังนั้น เพื่อทำความเข้าใจรูปแบบการกระจายตัว และการขับเคลื่อนองค์ประกอบชุมชนของปลาวัยอ่อนในพื้นที่ชายหาดที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินความชุกชุมและการเปลี่ยนแปลงเชิงฤดูกาลของลูกปลาวัยอ่อนบริเวณหาดประพาส จังหวัดระนอง และ (2) วิเคราะห์ความแตกต่างของประชาคมและระยะช่วงชีวิตของลูกปลาวัยอ่อนระหว่างฤดูกาลลมมรสุม โดยใช้เครื่องมืออวนรุนพื้นบ้านในการติดตามผลตลอดช่วงเดือนมกราคม–ตุลาคม 2568 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะช่วยให้เกิดความเข้าใจต่อบทบาทของกระบวนการทางกายภาพในพื้นที่ชายฝั่งต่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน เพื่อนำไปใช้ประกอบการกำหนดมาตรการอนุรักษ์ นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานแสดงให้ประชาชนโดยเฉพาะชาวประมงหรือคนในพื้นที่เห็นถึงความสำคัญต่อระบบนิเวศชายฝั่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการสำรวจและเก็บตัวอย่างบริเวณหาดประพาส (9°21'50.78"N, 98°23'44.77"E) ตั้งอยู่ในอำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง ด้านชายฝั่งทะเลตะวันตกของประเทศไทยบนชายฝั่งทะเลอันดามัน (Fig. 1)

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุดกระจายตลอดแนวชายฝั่ง (Fig. 1) โดยแต่ละจุดห่างกันประมาณ 1.5 กิโลเมตร เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ชายฝั่งที่แตกต่างกัน ได้แก่ บริเวณใกล้ปากคลอง (9°22'58.89"N, 98°23'47.14"E) พื้นทรายเปิดโล่ง (9°22'24.32"N, 98°23'46.51"E) และบริเวณใกล้โขดหิน (9°21'48.39"N, 98°23'42.41"E) ทั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างซ้ำในแต่ละจุดเดิมในช่วงเดือนมกราคม-เมษายน และเดือนมิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม พ.ศ. 2568

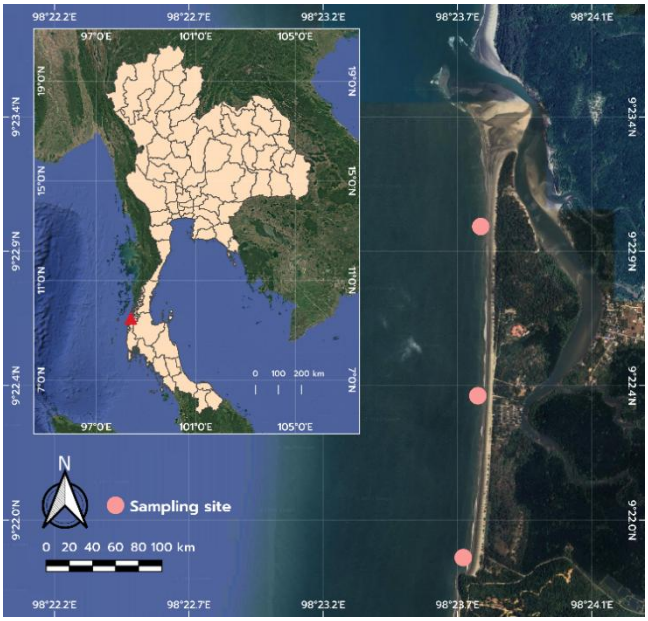


Fig. 1 Map of the coastal areas of Prapas Beach showing sampling sites. The insert map shows the position of Prapas beach in Western coast of Ranong, Thailand.

การสำรวจและเก็บตัวอย่าง

ดัดแปลงเครื่องมือเก็บตัวอย่างลูกปลาวัยอ่อนจากเครื่องมือประมงพื้นบ้านอวนรุนกุ้งเคย ขนาดกว้าง 2.5 เมตร สูง 3.65 เมตร ขนาดตาอวน 1 มิลลิเมตร รุนขนานกับชายฝั่งเป็นระยะทาง 500 เมตร ความลึกน้ำ 50 เซนติเมตร (ปริมาตรน้ำผ่านปากถุง 490 ลูกบาศก์เมตร) ขณะน้ำลงบริเวณเขตต่ำกว่าน้ำลงต่ำสุด จำนวน 7 ครั้ง ในช่วงมกราคม-เมษายน พ.ศ. 2568 (ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) และมิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม พ.ศ. 2568 (ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552) เก็บรักษาตัวอย่างโดยฟอร์มาลิน 10 % ในน้ำทะเล เพื่อใช้ศึกษาในห้องปฏิบัติการ

คัดแยกตัวอย่างปลาวัยอ่อนทั้งหมดออกจากแพลงก์ตอนสัตว์อื่น จากนั้นจำแนกในระดับวงศ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำโดยใช้เอกสารของ Okiyama (1988), Leis and Carson-Ewart (2000) และ Konishi et al. (2012) นับจำนวน วัดความยาวของโนโตคอร์ด สำหรับลูกปลาวัยอ่อนระยะแรก และความยาวมาตรฐาน สำหรับลูกปลาวัยอ่อนระยะหลังเป็นต้นไป และจำแนกระยะการพัฒนา (development stages) ตาม Leis and Carson-Ewart (2000) ลูกปลาวัยอ่อนที่จำแนกแล้วเก็บรักษาในเอทิลแอลกอฮอล์ 70%

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจำนวนปลาวัยอ่อนที่เก็บได้จากแต่ละจุดเก็บตัวอย่างถูกนำมาคำนวณหาค่าความหนาแน่น (จำนวนตัวต่อน้ำทะเล 1,000 ลูกบาศก์เมตร และเนื่องจากข้อมูลไม่เป็นไปตามสมมติฐานของการแจกแจงปกติและความเท่ากันของความแปรปรวน จึงใช้การทดสอบแบบไม่อาศัยพารามิเตอร์ Kruskal–Wallis test เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างเดือนและฤดูมรสุม (da Silva et al., 2018) ความแตกต่างของสัดส่วนองค์ประกอบชุมชนและระยะการพัฒนาระหว่างฤดูกาลทดสอบด้วย Chi-square Test of Independence โดยจัดข้อมูลในรูปแบบตารางความถี่ (contingency table) ในการวิเคราะห์สัดส่วนของวงศ์ปลา ได้คัดเลือกวงศ์ที่มีความชุกชุมสูงสุด 6 วงศ์ และรวมวงศ์ที่มีความชุกชุมน้อยไว้ในกลุ่ม “Others” เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความถี่ต่ำ ทั้งนี้ หากค่าความถี่ที่คาดหวังในเซลล์มีค่าน้อยกว่า 5 จะใช้ Fisher’s Exact Test แทน (Zar, 2010; Crawley, 2013) การเปรียบเทียบองค์ประกอบชุมชนปลาวัยอ่อนระหว่างฤดูกาลดำเนินการด้วย PERMANOVA บนพื้นฐานของ Bray–Curtis dissimilarity matrix ขณะที่โครงสร้างการจัดกลุ่มของชุมชนแสดงด้วย NMDS และใช้การวิเคราะห์ SIMPER เพื่อระบุวงศ์ที่มีส่วนร่วมสูงสุดต่อความแตกต่างระหว่างฤดูกาล (Borland et al., 2017; Xia et al., 2024) การวิเคราะห์ทั้งหมดดำเนินการในโปรแกรม RStudio (R version 2025.05.1+513) โดยใช้แพ็กเกจ vegan (Oksanen et al., 2022) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปลาวัยอ่อนรวม 582 ตัว ถูกเก็บรวบรวมโดยเครื่องมือประมงพื้นบ้านอวนรุนกุ้งเคยบริเวณหาดประพาส จังหวัดระนอง ในช่วงมกราคม–ตุลาคม 2568 สามารถจำแนกได้ 17 วงศ์ (Table 1) ซึ่งมีจำนวนวงศ์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับ ธีระพงศ์ (2540) และ สันติ (2545) ที่ศึกษาปลาวัยอ่อนบริเวณใกล้เคียงกับหาดประพาส เมื่อพิจารณาตามความชุกชุมรวม พบว่าวงศ์ Engraulidae (ร้อยละ 29.9) และ Clupeidae (ร้อยละ 28.7) มีความชุกชุมสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.6 ของปลาวัยอ่อนทั้งหมด (Fig. 2C) ซึ่งเป็นกลุ่มปลาวัยอ่อนที่สำคัญทางเศรษฐกิจและพบมากบริเวณชายฝั่ง สอดคล้องกับการศึกษาของ สันติ (2545) โดยเป็นปลากลุ่มที่พบการวางไข่ตลอดทั้งปี บริเวณเขตเชื่อมต่อน่านน้ำไทย-พม่า เกาะพะยามและหมู่เกาะกำ จังหวัดระนอง (อัญชลีย์ และคณะ, 2557) และสอดคล้องกับรายงานจากการศึกษาบริเวณชายฝั่งประเทศไทยที่พบว่าปลาวงศ์ Engraulidae และ Clupeidae เป็นองค์ประกอบหลักของชุมชนปลาวัยอ่อน (ประเสริฐ, 2540; นิรชา และคณะ, 2556)

เมื่อพิจารณาตามระยะการพัฒนา พบว่าลูกปลาวัยอ่อนระยะหลัง (post flexion stage) มีจำนวนมากที่สุด 401 ตัว (ร้อยละ 68.9) รองลงมาคือระยะวัยรุ่น (juvenile stage) 180 ตัว (ร้อยละ 30.9) และลูกปลาวัยอ่อนระยะแรก (flexion stage) 1 ตัว (ร้อยละ 0.2) รูปแบบดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Strydom (2003) และ McGregor et al. (2011) ซึ่งรายงานว่าลูกปลาวัยอ่อนระยะหลังและระยะวัยรุ่นมักครองสัดส่วนเด่นในเขตชายฝั่งและเขตคลื่นหัวแตก เนื่องจากมีความสามารถในการว่ายน้ำและคงอยู่ในแหล่งน้ำตื้นได้ดีกว่า ขณะที่ลูกปลาวัยอ่อนระยะแรกมักลอยตามกระแสน้ำ ทำให้มีโอกาสถูกจับโดยอวนรุนต่ำกว่า จากข้อจำกัดของเครื่องมือและพื้นที่สำรวจ (Hernandez et al., 2011)

ความชุกชุมของปลาวัยอ่อนในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบปลาวัยอ่อนทั้งหมด 14 วงศ์ (Fig. 2A) โดยวงศ์ Megalopidae มีความชุกชุมสูงที่สุด รองลงมาคือ Engraulidae ขณะที่ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบปลาวัยอ่อน 15 วงศ์ (Fig. 2(B)) โดยวงศ์ Clupeidae มีความชุกชุมสูงที่สุด รองลงมาคือ Engraulidae ทั้งนี้ พบวงศ์ที่ไม่ซ้ำกันระหว่างสองฤดูกาลจำนวน 7 วงศ์ (Table 1) เมื่อพิจารณาระยะพัฒนาการของปลาวัยอ่อน พบลูกปลาวัยอ่อนระยะหลัง (post-flexion stage) มีสัดส่วนมากที่สุด คิดเป็นมากกว่าร้อยละ 60 ของปลาวัยอ่อนทั้งหมดที่พบจากทั้งสองฤดูกาล

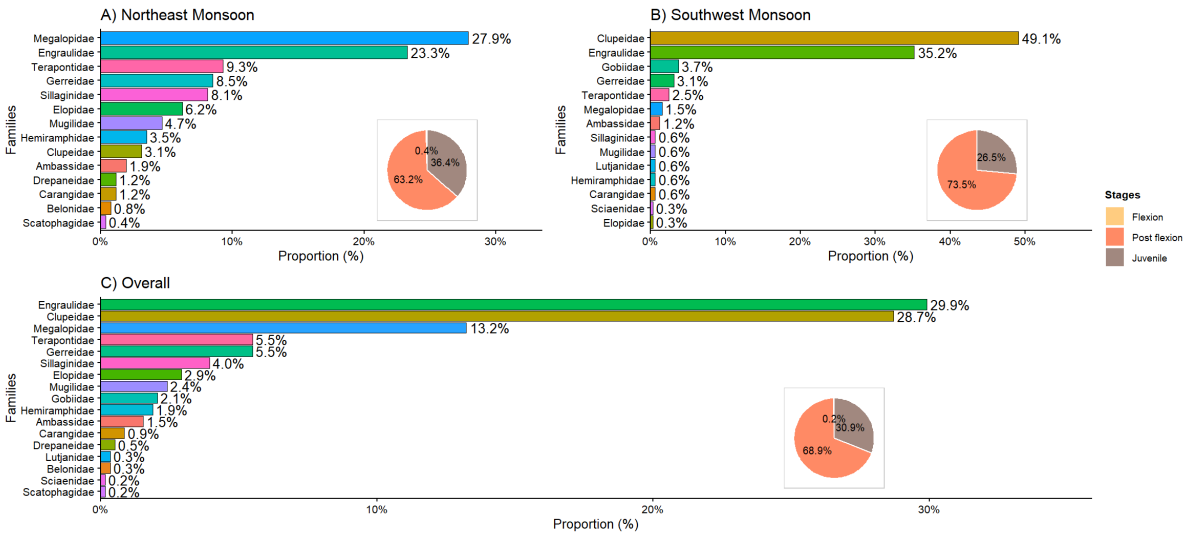


Fig. 2 Proportion of fish larvae families collected during the Northeast (A), Southwest (B) Monsoon season and Overall (C). The small inserted pie charts represent the proportion of early life history stages of fish larvae.

การทดสอบ Chi-square Test of Independence แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนความชุกชุมของวงศ์ปลาวัยอ่อนแตกต่างกันระหว่างฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญ ($X^2 = 245.23$, df = 6, $p < 0.05$) เช่นเดียวกับสัดส่วนตามระยะการพัฒนาที่แปรผันตามฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญจาก Fisher's Exact Test ($p < 0.05$) ผลดังกล่าวสะท้อนถึงบทบาทของฤดูมรสุมที่มีอิทธิพลต่อโครงสร้างชุมชนลูกปลาวัยอ่อนผ่านกระบวนการพัดพาและการสะสมตัวของตัวอ่อนจากแหล่งวางไข่ รวมถึงความเปลี่ยนแปลงของแหล่งอาหารในระบบนิเวศชายฝั่ง (Nakane et al., 2010; da Silva et al., 2018)

ความหนาแน่นเฉลี่ยของปลาวัยอ่อนในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) มีความหนาแน่นเฉลี่ย 6.6±3.2 ตัว/1,000 ลูกบาศก์เมตร ขณะที่ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW) มีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงกว่า โดยมีค่าเฉลี่ย 14.0±18.2 ตัว/1,000 ลูกบาศก์เมตร (Table 1) อย่างไรก็ตาม การทดสอบด้วย Kruskal–Wallis test ไม่พบความแตกต่างของความหนาแน่นเฉลี่ยระหว่างฤดูกาล

เมื่อพิจารณารายเดือน พบว่าความหนาแน่นเฉลี่ยของปลาวัยอ่อนมีความผันแปรตามเวลา และมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบรายวงศ์ตลอดช่วงการเก็บตัวอย่าง (Table 1) โดยเดือนตุลาคมมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุด (34.9±61.0 ตัว/1,000 ลูกบาศก์เมตร) รองลงมาคือเดือนมีนาคม และเดือนมกราคม ซึ่งมี Elopidae, Megalopidae, Engraulidae และ Clupeidae เป็นวงศ์เด่น สอดคล้องกับลักษณะการสืบพันธุ์ของปลาทะเลเขตร้อน โดยปลาในวงศ์ดังกล่าวอาศัยกระแสน้ำพัดพาตัวอ่อนเข้าสู่พื้นที่ และมีการวางไข่นอกชายฝั่งต่อเนื่องตลอดทั้งปีในบริเวณใกล้เคียงจังหวัดระนอง (Adams et al., 2014; อัญชลีย์ และคณะ, 2557) อย่างไรก็ตาม การทดสอบทางสถิติไม่พบความแตกต่างของความหนาแน่นเฉลี่ยระหว่างเดือน

Table 1 Monthly mean density (individuals/1000 cubic meter) and relative abundance (%) of fish larval families during the Northeast and Southwest monsoon seasons.

Families	Northeast Monsoon				NE	Southwest monsoon			SW
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mean	Jun	Aug	Oct	Mean
Elopidae		2.0	22.4	4.1	7.1	2.0			0.7
Megalopidae		2.0	42.9	5.4	12.6	2.0	3.1		1.7
Engraulidae	29.3	2.0	8.8	6.1	11.6	4.1	13.3	96.9	38.1
Clupeidae	16.3				4.1			162.2	54.1
Hemiramphidae	4.1	2.0	3.4	2.0	2.9		2.0	2.0	1.4
Gobiidae						5.1	2.0	6.1	4.4
Ambassidae	2.0		2.0	4.1	2.0			4.1	1.4
Mugilidae		2.0	6.8		2.2	2.0		2.0	1.4
Belonidae			2.0	2.0	1.0				
Carangidae				6.1	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0
Gerreidae	6.1	8.2	4.1	4.1	5.6		6.8		2.3
Terapontidae		4.8	7.5	4.1	4.1	3.1	3.4		2.2
Lutjanidae							2.0		0.7
Scatophagidae			2.0		0.5				
Drepaneidae	2.0			4.1	1.5				
Sciaenidae							2.0		0.7
Sillaginidae	2.0	2.0	5.4	7.5	4.3			4.1	1.4
Mean	8.8	3.1	9.8	4.5		2.9	4.1	34.9	
SD	10.3	2.2	12.4	1.7		1.2	3.8	61.0	
Seasonal mean			6.6±3.2					14.0±18.2	

*Seasonal mean (±SD) was calculated based on the variation between monthly mean densities within each monsoon season.

ผลการวิเคราะห์ PERMANOVA ไม่พบความแตกต่างขององค์ประกอบชุมชนปลาวัยอ่อนระหว่างฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ โดยปัจจัยฤดูกาลสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้เพียงร้อยละ 18.14 ซึ่งสอดคล้องกับผลการจัดเรียงข้อมูลด้วย NMDS (Stress = 0.108; Fig. 3A) ที่แสดงการทับซ้อนของขอบเขตความเชื่อมั่นระหว่างฤดูกาล ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างชุมชนปลาวัยอ่อนในพื้นที่ศึกษาถูกกำหนดโดยความแปรผันรายเดือนมากกว่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเพียงอย่างเดียว (Pepin, 1991)

ผลการวิเคราะห์ SIMPER สนับสนุนรูปแบบที่ปรากฏจาก NMDS โดยแสดงให้เห็นว่าวงศ์ Clupeidae, Engraulidae, Megalopidae, Elopidae และ Gerreidae มีบทบาทสำคัญร่วมกันในการกำหนดโครงสร้างชุมชนระหว่างฤดูกาล โดยมีส่วนร่วมต่อความแตกต่างสะสมรวมกันร้อยละ 70.65 (Fig. 3B) ทั้งนี้ Clupeidae และ Engraulidae มีส่วน

ร่วมสูงสุด และมีค่าเฉลี่ยความชุกชุมสูงกว่าในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ขณะที่ Megalopidae และ Elopidae มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

นอกจากนี้ ค่า Ratio ที่สูงกว่า 1.00 ในวงศ์ Terapontidae (1.77), Engraulidae (1.43), Carangidae (1.35) และ Gobiidae (1.25) สะท้อนว่าความแตกต่างขององค์ประกอบชุมชนระหว่างฤดูกาลไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยกายภาพเพียงอย่างเดียว แต่ยังเชื่อมโยงกับวงจรชีวิต กลยุทธ์การสืบพันธุ์ และรูปแบบการอพยพของปลาแต่ละกลุ่ม ซึ่งร่วมกันกำหนดการกระจายตัวและความหนาแน่นของปลาวัยอ่อนในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดระนอง

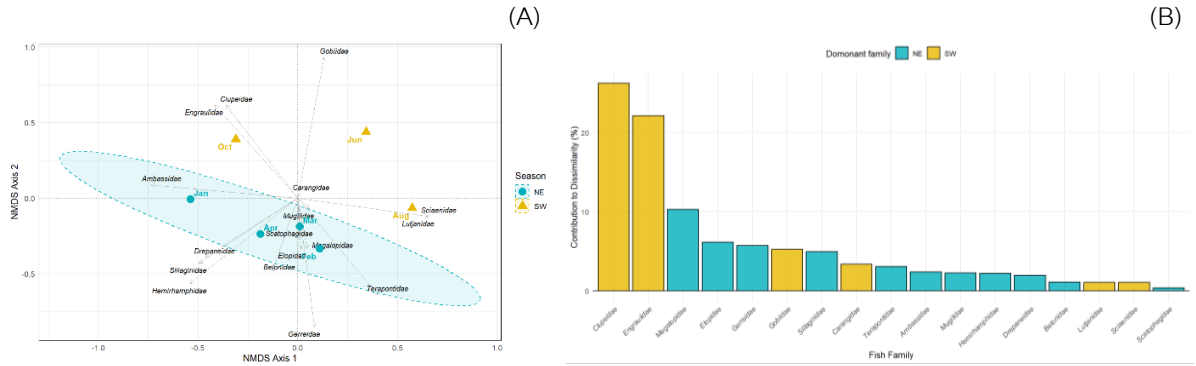


Fig. 3 Non-metric multidimensional scaling (nMDS) ordination contrasting fish assemblages among different seasonal (A) and SIMPER Anlysis of fish larval community structure, showing individual and cumulative percentage contribution to the dissimilarity (B) between the Northeast (NE) and Southwest (SW) monsoon.

สรุป

การศึกษาการรวบรวมปลาวัยอ่อนบริเวณหาดประพาส จังหวัดระนอง ระหว่างเดือนมกราคม–ตุลาคม 2568 พบปลาวัยอ่อนทั้งสิ้น 582 ตัว จาก 17 วงศ์ โดยวงศ์ Engraulidae และ Clupeidae มีความชุกชุมสูงสุดมากกว่าร้อยละ 50 ของปลาวัยอ่อนทั้งหมด ปลาวัยอ่อนส่วนใหญ่อยู่ในระยะลูกปลาวัยอ่อนระยะหลังร้อยละ 68.9

ในเชิงฤดูกาล พบว่าสัดส่วนความชุกชุมของวงศ์ปลาวัยอ่อน และระยะการพัฒนามีความแปรผันระหว่างฤดูมรสุม โดยฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีความเด่นของวงศ์ Clupeidae และ Engraulidae ขณะที่ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบ Megalopidae และ Elopidae อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นเฉลี่ยของปลาวัยอ่อนระหว่างฤดูกาลไม่แตกต่างกัน สะท้อนว่าการสะสมตัวของปลาวัยอ่อนในพื้นที่ชายฝั่งมีความผันแปรสูงระดับรายเดือนมากกว่าฤดูกาล โดยพบความหนาแน่นสูงสุดในเดือนตุลาคม ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงปลายมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่สภาพกระแสน้ำและแหล่งอาหารเอื้อต่อการอพยพเข้าสู่ชายฝั่ง

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างประชาคมด้วย PERMANOVA และ NMDS ชี้ให้เห็นว่าองค์ประกอบชุมชนของปลาวัยอ่อนระหว่างสองฤดูกาลมีการทับซ้อนกันสูง ขณะที่ผล SIMPER ชี้ว่าวงศ์ Clupeidae, Engraulidae, Megalopidae และ Elopidae มีบทบาทร่วมในการกำหนดโครงสร้างประชาคม ผลการศึกษานี้สะท้อนว่าโครงสร้างชุมชนและการกระจายของปลาวัยอ่อนถูกกำหนดโดยพลวัตเชิงเวลาระยะสั้นและปัจจัยทางชีววิทยา มากกว่าการแบ่งแยกตามฤดูกาลเพียงอย่างเดียว และตอกย้ำความสำคัญของหาดเปิดโล่งในฐานะแหล่งอนุบาลที่สนับสนุนการทดแทนประชากรปลาทะเลในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน ทั้งนี้ ควรมีการติดตามอย่างต่อเนื่องควบคู่กับการวัดปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เพื่อทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของชุมชนปลาวัยอ่อนตามฤดูกาลและเชิงพื้นที่ และใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดการประมงชายฝั่งในระดับพื้นที่ที่คำนึงถึงการรักษาบทบาทของแหล่งอนุบาลและการทดแทนประชากรปลาในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บุคลากรสถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการสำรวจและเก็บตัวอย่างในครั้งนี้ จนกระทั่งการดำเนินงานเสร็จสิ้นลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2563. คู่มือการตรวจมาตรฐานเครื่องมือประมงทะเล. กปม.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2552. ความรู้อุตุนิยมวิทยา. แหล่งที่มา: https://www.tmd.go.th/info/tmd-knowledges, 14 มกราคม 2569.

ธีระพงศ์ ด้วงดี, อภิชาติ เติมวิชชาการ และ สมโภชน์ นิ้มสันติเจริญ. 2540. องค์ประกอบชนิดและการแพร่กระจายของปลาวัยอ่อนในพื้นที่ป่าชายเลน สถานีวิจัยทรัพยากรชายฝั่ง จังหวัดระนอง. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิรชา สองแก้ว, ปิยวรรณ หัสดี, ศักดิ์ชาย อานุภาพบุญ และ ธีระพงศ์ ด้วงดี. 2556. องค์ประกอบและการแพร่กระจายของปลาวัยอ่อนบริเวณอ่าวไทย. ใน: การสัมมนาวิชาการเรื่อง “ผลการสำรวจทรัพยากรประมงและสิ่งแวดล้อมทางทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนกลางโดยเรือสำรวจชีฟเดค ปี 2556”. กรมประมง. กรุงเทพฯ, หน้า 110–119.

ประเสริฐ ทองหนูนุ้ย. 2540. การจำแนกชนิดและการกระจายของปลาวัยอ่อนในบริเวณป่าชายเลนอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. คลังปัญญาจุฬาฯ. doi.org/10.58837/CHULA.THE.1997.816

สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน. 2562. คู่มือเรียนรู้ระบบนิเวศทางทะเลและสิ่งแวดล้อมชายฝั่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะประมง ศูนย์บริหารงานวิจัยและสนับสนุนวิชาการ สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน.

สันติ พ่วงเจริญ. 2545. องค์ประกอบชนิดและการแพร่กระจายของปลาวัยอ่อนในพื้นที่ชายฝั่งจาก ปากคลองกล้วยถึงแหลมหินทุ่ง กิ่งอำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

สุพิชญา วงศ์ชินวิทย์. 2545. การจำแนกชนิดและการแพร่กระจายของปลาวัยอ่อนบริเวณป่าชายเลนในคลองหงาว จังหวัดระนอง (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

อภิชาติ เติมวิชชากร. 2530. รายงานการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 25 สาขาประมง 3–5 กุมภาพันธ์ 2530 ณ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ และศูนย์วิจัยอารักขาข้าว. ชนิดและความชุกชุมของลูกปลาวัยอ่อน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 235–245.

อัญชลีย์ ยะโกะ. 2557. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลากะตักชนิด Encrasicholina punctifer, E. heteroloba และ E. devisi ทางฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย: เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2557. กรุงเทพฯ: กรมประมง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงฝั่งอันดามัน (ภูเก็ต).

Adams, A.J., Horodysky, A.Z., McBride, R.S., et al. 2013. Global conservation status and research needs for tarpons (Megalopidae), ladyfishes (Elopidae) and bonefishes (Albulidae). Fish Fish. 15: 280–311.

Borland, H.P., Schlacher, T.A., Gilby, B.L., Connolly, R.M., Yabsley, N.A., Olds, A.D. 2017. Habitat type and beach exposure shape fish assemblages in the surf zones of ocean beaches. Mar. Ecol. Prog. Ser. 570: 203–211.

Claramunt, R.M., Shoup, D.E., Wahl, D.H. 2005. Comparison of push nets and tow nets for sampling larval fish with implications for assessing littoral habitat utilization. N. Am. J. Fish. Manage. 25: 86–92.

Crawley, M.J. 2007. The R book. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, England.

da Silva, V.E.L., Teixeira, E.C., Batista, V.S., Fabré, N.N. 2018. Spatial distribution of juvenile fish species in nursery grounds of a tropical coastal area of the south-western Atlantic. Acta Ichthyol. Piscat. 48: 9–18.

Hernandez, F.J., Carassou, L., Muffelman, S., Powers, S.P., Granham, W.M. 2011. Comparison of two plankton net mesh sizes for ichthyoplankton collection in the northern Gulf of Mexico. Fish. Res. 108: 327–335.

Ikejima, K., Tongnunui, P., Medej, T., Taniuchi, T. 2003. Juvenile and small fishes in a mangrove estuary in Trang Province, Thailand: Seasonal and habitat differences. Estuar. Coast. Shelf Sci. 56: 447–457.

Konishi, Y., Chayakul, R., Chamchan, C., Duangdee, T. 2012. Early stages of marine fishes in Southeast Asian region. Southeast Asian Fisheries Development Center.

Leis, J.M., Carson-Ewart, B.M. 2000. Larvae of Indo-Pacific coastal fishes: an identification guide to marine fish larvae. Brill.

McGregor, S., Strydom, N.A., Campbell, E.E. 2021. Association of early stage fishes with surf diatom Anaulus australis accumulations in a warm temperate surf zone, South Africa. Estuar. Coast. Shelf Sci. 263: 107653.

Nakane, Y., Suda, Y., Sano, M. 2010. Food habits of fishes on an exposed sandy beach at Fukiagehama, South-West Kyushu Island, Japan. Helgol. Mar. Res. 65: 123–131.

Okiyama, M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai University Press.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., et al. 2022. vegan: Community ecology package.

Pepin, P. 1991. Effect of temperature and size on development, mortality, and survival rates of the pelagic early life history stages of marine fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 503–518.

Strydom, N.A. 2003. Occurrence of larval and early juvenile fishes in the surf zone adjacent to two intermittently open estuaries, South Africa. Environ. Biol. Fish. 66: 349–359.

Xia, W.T., Miao, Z.B., Chen, K., Lu, Y., Wang, S., Zhu, J.Y., Xie, S.G. 2024. Seasonal patterns of juvenile fish assemblages in the surf zones of tropical sandy beaches along Gaolong Bay, Hainan Island, China. Divers. Distrib. 30: e13913.

Zar, J. H. 2010. Pearson New International Edition Biostatistical analysis, 5th ed. Pearson Education. Essex, England.

ประสิทธิภาพของยูจีนอลในการระงับความรู้สึกปลาสอด (*Poecilia latipinna*)

Efficacy of eugenol as anesthetic agent in the sailfin molly (*Poecilia latipinna*)

ศิรินทร์นภา พุ่มแจ้*, ธนวรรณ ดาวหาง, บงกช ดีไข่, อายุพัฒน์ ภพรัตน์, สาธิต บุญน้อม

Sirinnapa Poomjae*, Thanawan Daohang, Bongkot Deekhai, Aryuphat Phoppharat, Sathit Boonnom

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี เพชรบุรี 76120

Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Phetchaburi 76120, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: poomjae_s@su.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของยูจีนอลในการระงับความรู้สึกของปลาสอด (*Poecilia latipinna*) ที่มีขนาดต่างกัน 2 ขนาด (ขนาดเล็ก 4.44±0.40 g, 1.53±0.20 cm และขนาดใหญ่ 5.28±0.60 g, 2.32±0.30 cm) โดยได้รับความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ (25, 50, 75, 100 และ 125 mg/L) จากการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของยูจีนอลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เวลาการชักนำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนเวลาการฟื้นตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ปลาขนาดใหญ่มีเวลาการชักนำและเวลาการฟื้นตัวมากกว่าปลาขนาดเล็กในทุกความเข้มข้น ความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับระงับความรู้สึกปลาขนาดเล็กคือ 50 mg/L ซึ่งสามารถระงับความรู้สึกได้ภายใน 121 วินาที และฟื้นตัวภายใน 190 วินาที ส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับปลาขนาดใหญ่คือ 75 mg/L โดยระงับความรู้สึกได้ภายใน 95 วินาที และฟื้นตัวภายใน 230 วินาที จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ายูจีนอลมีประสิทธิภาพในการระงับความรู้สึปลาสอด โดยช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 50–75 mg/L

คำสำคัญ: การระงับความรู้สึก, ปลาสอด, ยูจีนอล

Abstract

This study investigated the effectiveness of eugenol in anesthetizing sailfin molly (*Poecilia latipinna*) of two sizes (4.44±0.40 g, 1.53±0.20 cm and 5.28±0.60 g, 2.32±0.30 cm) at five concentrations (25, 50, 75, 100 and 125 mg/L). The experiment showed that increasing the concentration of eugenol significantly reduced induction time ($p < 0.05$) and significantly increased recovery time ($p < 0.05$). Larger fish had longer induction and recovery times than smaller fish at all concentrations. The optimal concentration for small fish was 50 mg/L, which induced anesthesia within 121 seconds and allowed recovery within 190 seconds. For larger fish, the optimal concentration was 75 mg/L, inducing anesthesia within 95 seconds and recovery within 230 seconds. The results demonstrate that eugenol is effective in anesthetizing sailfin molly, with an optimal concentration range of 50–75 mg/L.

Keywords: Anesthesia, Eugenol, *Poecilia latipinna*

คำนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงปลาสวยงามเป็นงานอดิเรกได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีการซื้อขายทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศ จากสถิติของธนาคารโลกในปี 2567 มีมูลค่าการซื้อขายทั่วโลก ประมาณ 10,000 ล้านบาท ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกอันดับต้น ๆ ของโลก มีมูลค่าการส่งออกกว่าพันล้านบาท มีส่วนแบ่งการตลาดประมาณ 11% โดยประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกปลาหางนกยูงและปลาสอดราว 6.4% ของการส่งออกสัตว์น้ำทั้งหมด (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2568) ปลาสอด (sailfin molly) เป็นปลาสวยงามที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากมีความหลากหลายของสายพันธุ์ มีสีสันสวยงาม เลี้ยงง่าย เพาะขยายพันธุ์ได้ง่าย เพราะเป็นกลุ่มปลาที่ออกลูกเป็นตัว จึงสามารถผสมพันธุ์กันเองในบ่อหรือในตู้กระจก และประเทศไทยมีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยง (อรุณี, 2565) อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงปลาสอดจำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสมเพื่อลดความเครียดของปลา เนื่องจากความเครียดเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ การเจริญเติบโต และอัตรารอดของปลา แนวทางที่ใช้เพื่อลดความเครียดของปลาคือ การใช้ยาระงับความรู้สึก (anesthetic) ซึ่งช่วยให้การจับ เคลื่อนย้าย และการตรวจทางสรีรวิทยาทำได้อย่างปลอดภัยมากขึ้น ยาระงับความรู้สึกที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น MS-222 และ benzocaine แม้จะมีประสิทธิภาพดี แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านราคา ความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และสารตกค้างในเนื้อปลา (Neiffer and Stamper, 2009) ยูจีนอล (eugenol) ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลที่พบในน้ำมันกานพลู (clove oil) จึงได้รับความสนใจอย่างมากในฐานะยาระงับความรู้สึกทางเลือกสำหรับปลา เนื่องจากมีราคาถูก ใช้งานง่าย และมีประสิทธิภาพสูงในการลดความเครียดและอัตราตายระหว่างการจัดการ (da Paz et al., 2024) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของยาระงับความรู้สึกอาจแตกต่างกันขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ชนิดและขนาดของปลา อุณหภูมิน้ำ ความเข้มข้นของสาร และระยะเวลาการสัมผัส โดยเฉพาะชนิดและขนาดของปลา (Hoseini et al. 2013) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของยูจีนอลในการระงับความรู้สึกปลาสอดและกำหนดความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับปลาสอดขนาดแตกต่างกัน ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการลดความเครียดของปลาระหว่างการจัดการได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำปลาสอดคละเพศจากมะปรางหางนกยูงฟาร์ม จังหวัดนครปฐม น้ำหนักเริ่มต้น 4.32±0.21 g และความยาว 1.33±0.24 cm มาปรับสภาพภายในถังไฟเบอร์กลาสส์ขนาด 1,500 L ในระดับความหนาแน่น 200 ตัว/ลบ.ม. เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ให้อากาศตลอดเวลาและให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เช้า–เย็น ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน ประมาณ 30% ของปริมาตรน้ำในถัง (Gomes et al., 2011) รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบมัลติพารามิเตอร์รุ่น AL15setAqualytic/Germany โดยอุณหภูมิ พีเอช และค่าออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าเท่ากับ 28.17±0.63 ^{o}C, 7.88±0.08 และ 5.96±0.38 mg/L ตามลำดับ

การระงับความรู้สึก

เตรียมยูจีนอล (99%, Alfa Aesar, MA, USA) เข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 25, 50, 75, 100 และ 125 mg/L โดยชั่งสารแล้วละลายในเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1 : 9 (Mitjana et al., 2014) ก่อนการทดลอง 2-3 นาที ซึ่งเอทานอลขนาดสูงสุด (maximum dose) นี้ไม่มีผลระงับความรู้สึกปลาสอด

หลังจากปรับสภาพครบ 1 สัปดาห์ ทำการระงับความรู้สึกปลาสอดน้ำหนัก 4.44±0.40 g และยาว 1.53±0.20 cm ทีละตัวในอ่างระงับความรู้สึก บันทึกเวลาการชักนำ (induction time) เมื่อปลาเข้าสู่ระยะ deep anesthesia (ไม่มีการ

ตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกและอัตราการหายใจช้าลง) จากนั้นย้ายปลาลงสู่อ่างบรรจุน้ำสะอาดที่ให้อากาศตลอดเวลาเพื่อบันทึกเวลาการฟื้นตัว (recovery time) (มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าและว่ายน้ำได้ตามปกติ) หากปลาไม่สามารถเข้าสู่ระยะ deep anesthesia ภายใน 30 นาที จะย้ายปลาลงสู่อ่างฟื้นตัวทันที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว และเตรียมความเข้มข้นของยูจีนอลใหม่ทุกซ้ำ ตรวจสอบคุณภาพน้ำ (อุณหภูมิ พีเอช และค่าออกซิเจนละลายน้ำ) ในระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง หลังการฟื้นตัวทำการแบ่งกลุ่มปลาตามความเข้มข้นแล้วเลี้ยงในถังขนาด 100 L ที่ให้อากาศอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชม. เพื่อสังเกตพฤติกรรมผิดปกติและบันทึกอัตราตายของปลา จากนั้นทำการระงับความรู้สึกปลาน้ำหนัก 5.28±0.60 g และยาว 2.32±0.30 cm ตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น

ความเข้มข้นต่ำสุดที่เหมาะสม (lowest effective concentration) ของยูจีนอล ความเข้มข้นนั้นควรระงับความรู้สึกได้ภายใน 180 วินาที และสามารถทำให้ปลาฟื้นตัวภายใน 300 วินาที (Ogretmen and Gokçek, 2013) สำหรับระยะเวลาสูงสุดในการระงับความรู้สึกไม่เกิน 30 นาที และฟื้นตัวภายใน 60 นาที (Silva et al., 2013)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) นำข้อมูลเวลาการชักนำ เวลาการฟื้นตัว และคุณภาพน้ำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของยูจีนอลในการระงับความรู้สึกปลาสอดพบว่า ทุกความเข้มข้นสามารถระงับความรู้สึกของปลาได้ โดยเวลาการชักนำมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.5$) เมื่อความเข้มข้นของยูจีนอลเพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้น 25, 50, 75, 100 และ 125 mg/L เวลาการชักนำของปลาขนาดเล็กมีค่าเท่ากับ 237.0, 121.5, 78.6, 69.6 และ 49.0 วินาที ตามลำดับ และเวลาการชักนำของปลาขนาดใหญ่มีค่าเท่ากับ 312.9, 192.6, 95.4, 67.8 และ 55.5 วินาที ตามลำดับ ส่วนเวลาการฟื้นตัวกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.5$) โดยปลาขนาดเล็กมีเวลาการฟื้นตัวเท่ากับ 186.3, 190.2, 200.5, 204.0 และ 261.6 วินาที และปลาขนาดใหญ่มีเวลาการฟื้นตัวเท่ากับ 206.0, 210.7, 230.6, 267.9 และ 369.3 วินาที ตามลำดับ (Table 1, Figs. 1–2) จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้น 25 mg/L สามารถระงับความรู้สึกปลาสอดได้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาในปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*) (Cunha et al., 2015; Santos et al., 2017; Nuanmanee et al., 2024) และปลา Guaru (*Poecilia vivipara*) (Bolasina et al., 2017) โดยความเข้มข้นของยูจีนอลที่สามารถระงับความรู้สึกของปลาหางนกยูงและปลา Guaru ได้ เริ่มต้นที่ 50 และ 100 mg/L ตามลำดับ นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของยูจีนอลยังส่งผลให้เวลาการชักนำลดลง ส่วนเวลาการฟื้นตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปลา Guaru (Bolasina et al., 2017) โดยที่ความเข้มข้น 100 และ 200 mg/L เวลาการชักนำมีค่าเท่ากับ 111.2 และ 88.3 วินาที ตามลำดับ ส่วนเวลาการฟื้นตัวมีค่าเท่ากับ 106.6 และ 163.5 วินาที ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม Cunha et al. (2015) และ Santos et al. (2017) ได้รายงานว่า แม้เวลาการชักนำจะลดลง แต่เวลาการฟื้นตัวกลับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.5$) ส่วน Nuanmanee et al. (2024) พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของยูจีนอลจะส่งผลให้ทั้งเวลาการชักนำและเวลาการฟื้นตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.5$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เวลาการชักนำจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้น ส่วนเวลาการฟื้นตัวไม่ขึ้นกับความเข้มข้น

Table 1 Induction and recovery times (s) of sailfin molly anesthetized with different eugenol concentrations

Concentrations	Induction time		Recovery time	
(mg/L)	Small size	Large size	Small size	Large size
25	237.0±189.8^{aB}	312.9±77.3^{aA}	186.3±27.3^{aB}	206.0±43.6^{aA}
50	121.5±40.4^{bB}	192.6±50.7^{bA}	190.2±35.1^{aB}	210.7±62.4^{aA}
75	78.6±14.1^{cB}	95.4±35.3^{cA}	200.5±30.2^{bB}	230.6±64.8^{bA}
100	69.6±10.4^{dA}	67.8±20.0^{dA}	204.0±68.9^{bB}	267.9±68.0^{cA}
125	49.0±14.3^{eA}	55.5±15.7^{eA}	261.6±130.9^{cB}	369.3±131.2^{dA}

*Values expressed in mean±SD. Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference ($p < 0.05$). Different capital letters in the same row indicate a significant difference ($p < 0.05$) between fish size.

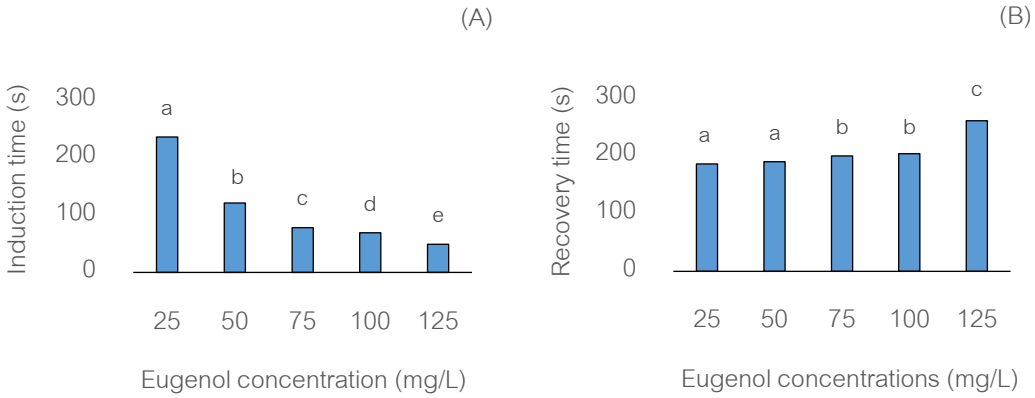


Fig. 1 Induction time (A) and recovery time (B) of small fish exposed to different eugenol concentrations. Values with different letters are significantly different between concentrations.

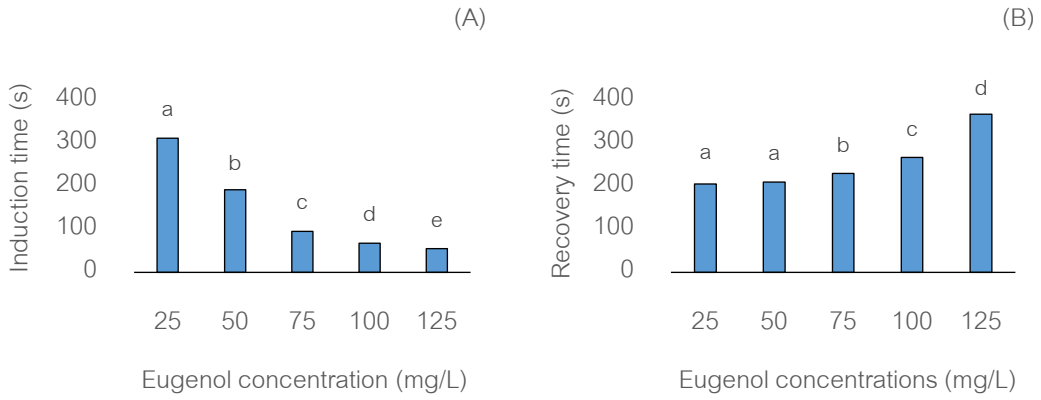


Fig. 2 Induction time (A) and recovery time (B) of large fish exposed to different eugenol concentrations. Values with different letters are significantly different between concentrations.

ปกติยาระงับความรู้สึกจะช่วยลดการทำงานของระบบประสาทกลาง จึงส่งผลให้เกิดความไม่รู้สึกตัวและสูญเสียการรู้สึกโดยสมบูรณ์ ยาระงับความรู้สึกในน้ำจะถูกดูดซึมผ่านเหงือกและแพร่กระจายอย่างรวดเร็วไปสู่ secondary lamellae หลอดเลือดแดง และสมอง (Martins et al., 2019) กาบา (GABA, Gamma-aminobutyric acid) เป็นสารส่งผ่าน

ประสาท (neurotransmitter) ประเภทยับยั้งที่สำคัญในระบบประสาทกลาง เมื่อ GABA จับกับตัวรับ GABAA ซึ่งเป็นช่องไอออนแบบลิแกนด์เกต (ligand-gated channel) คลอไรด์ไอออนที่มีประจุลบจะไหลเข้าสู่เซลล์ประสาท ทำให้เซลล์อยู่ในภาวะไฮเพอร์โพลาไรเซชัน (hyperpolarization) เซลล์ประสาทจึงถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้าได้น้อยลง ในปลาสาร GABA เอนไซม์ GABA-synthesizing enzyme glutamic acid decarboxylase 65 (GAD65) รวมทั้งตัวรับ $GABAA_{\alpha_1}$ และ $GABAB_1$ สามารถพบได้เช่นเดียวกับในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Delgado and Schmachtenberg, 2008) ดังนั้นกลไกการออกฤทธิ์ของยูจีนอลเชื่อว่าเกี่ยวข้องกับตัวรับ GABAA ซึ่งยับยั้งความรู้สึกเจ็บปวด (ระงับความรู้สึก) นั่นเอง (Meyer and Fish, 2008)

จากการเปรียบเทียบเวลาการชักนำและเวลาการฟื้นตัวของปลาสอดทั้ง 2 ขนาดพบว่า ปลาขนาดเล็กเข้าสู่การระงับความรู้สึกและฟื้นตัวได้เร็วกว่าปลาขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.5$) (Table 1, Fig. 3) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปลา angelfish (Tarkhani et al., 2017) น้ำหนัก 1.0, 5.0 และ 10.0 g ที่ระงับความรู้สึกด้วยยูจีนอลเข้มข้น 1.25, 2.50, 4.00, 5.50 และ 7.50 mg/L การที่ปลาขนาดเล็กตอบสนองต่อยูจีนอลได้เร็วกว่าและฟื้นตัวได้ภายในเวลาสั้นกว่าเนื่องจากปลาขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวเหงือกต่อมวลกายมาก ทำให้การดูดซึมยูจีนอลเข้าสู่กระแสเลือดเป็นไปอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันยังสามารถขับสารออกได้เร็วเมื่อหยุดสัมผัสสาร จึงส่งผลให้ทั้งการระงับความรู้สึกและการฟื้นตัวใช้เวลาน้อยกว่าปลาขนาดใหญ่ (Javahery et al., 2012; Tarkhani et al., 2016)

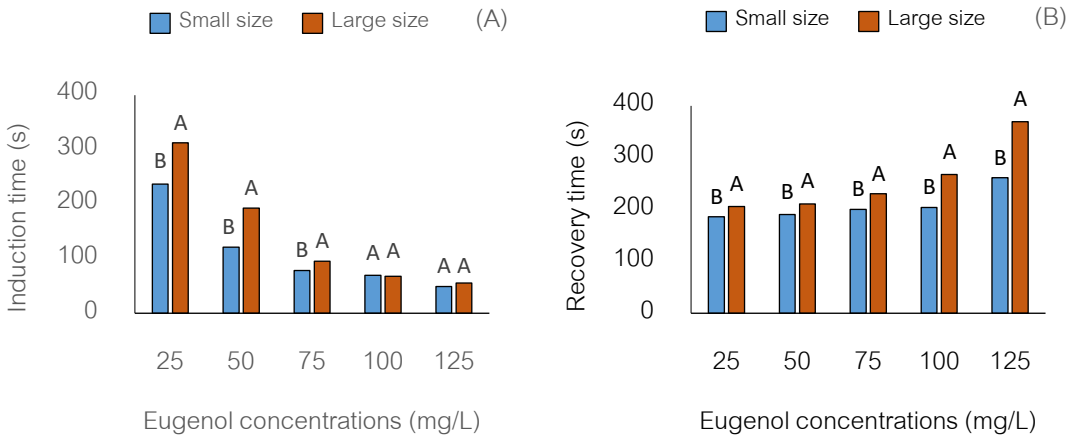


Fig. 3 Induction time (A) and recovery time (B) of sailfin molly exposed to different eugenol concentrations. Values with different letters are significantly different between size of same concentration.

จากการวัดคุณภาพน้ำทั้งในอ่างระงับความรู้สึกและอ่างฟื้นตัวพบว่า อุณหภูมิ พีเอช และค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของปลา มีค่าอยู่ในช่วง 26–30 °C, 7–8 และ 5–7 mg/L ตามลำดับ โดยไม่พบการตายของปลาสอดระหว่างการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Cunha et al. (2015) ที่รายงานว่า การระงับความรู้สึกปลาหางนกยูงด้วยยูจีนอลที่อุณหภูมิ 29.95±0.27 °C พีเอช 8.49±0.02 และค่าออกซิเจนละลายน้ำ 6.45±0.09 mg/L ทำให้การฟื้นตัวของปลาเป็นปกติ

สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของยูจีนอลในการระงับความรู้สึกปลาสอดที่ความเข้มข้น 25, 50, 75, 100 และ 125 mg/L พบว่า ความเข้มข้นของยูจีนอลที่เหมาะสมสำหรับระงับความรู้สึกปลาสอดขนาด 4.44±0.40 g ยาว 1.53±0.20 cm และ 5.28±0.60 g ยาว 2.32±0.30 cm มีค่าเท่ากับ 50 และ 75 mg/L ตามลำดับ นอกจากนี้ปลาขนาดเล็กยังเข้าสู่การระงับความรู้สึกและฟื้นตัวได้เร็วกว่าปลาขนาดใหญ่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2568. ข่าวสารประชาสัมพันธ์. https://www.moac.go.th/contact-news_release, 10 ธันวาคม 2568.

อรุณี รอดลอย. 2565. คู่มือการเพาะเลี้ยงปลาสอดในประเทศไทย. วนิดาการพิมพ์. นนทบุรี.

Bolasina, S.N., Azevedo, A., Petry, A.C. 2017. Comparative efficacy of benzocaine, tricaine methanesulfonate and eugenol as anesthetic agents in the guppy *Poecilia vivipara*. Aquacult. Rep. 6: 56–60. doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.04.002

Cunha, L., Geraldo, A.M.R., Silva, V.C., Cardoso, M.S., Tamajusuku, A.S.K., Hoshiba, M.A. 2015. Clove oil as anesthetic for guppy. Bol. Inst. Pesca. 41: 729–735. doi.org/10.20950/1678-2305.2015v41nep729

da Paz, C.A., da Costa, B.M.P.A., Hamoy, M.K.O., et al. 2024. Establishing a safe anesthesia concentration window for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus 1758) by monitoring cardiac activity in eugenol immersion baths. Comp. Biochem. Physiol. Part C. Toxicol. Pharm. 278: 109839. doi.org/10.1016/j.cbpc.2024.109839

Delgado, L., Schmachtenberg, O. 2008. Immunohistochemical localization of GABA, GAD65, and the receptor subunits GABAAalpha1 and GABAB1inthe zebrafish cerebellum. Cerebellum. 7: 444–450. doi.org/10.1007/s12311-008-0047-7

Gomes, D.P., Chaves, B.W., Becker, A.G., Baldisserotto, B. 2011. Water parameters affect anesthesia induced by eugenol in silver catfish, *Rhamdia quelen*. Aquac. Res. 42: 878–886. doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02864.x

Hoseini, S.M., Rajabiesterabadi, H., Tarkhani, R. 2013. Anesthetic efficacy of eugenol on iridescent shark, Pangasius hypophthalmus (Sauvage, 1878) in different size classes. Aquac. Res. 46: 405–412. doi.org/10.1111/are.12188

Javahery, S., Nekoubin, H., Moradlu, A.H. 2012. Effect of anesthesia with clove oil in fish (Review). Fish Physiol. Biochem. 38: 1545–1552. doi.org/10.1007/s10695-012-9682-5

Martins, T., Valentim, A., Antunes, L.M. 2019. Anaesthetics and analgesics used in adult fish for research: A review. Lab. Anim. 53: 325–341. doi.org/10.1177/0023677218815199

Meyer, R.E., Fish, R.E. 2008. Pharmacology of injectable anesthetics, sedatives, and tranquilizers. In: Fish, R.E., Danneman, P.J., Brown, M.J., Karas, A.Z. (Eds.). Anesthesia and Analgesia in Laboratory Animals, 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA, USA, pp. 27–82.

Mitjana, O., Bonastre, C., Insua, D., Falceto, M.V., Esteban, J., Josa, A., Espinosa, E. 2014. The efficacy and effect of repeated exposure to 2-phenoxyethanol, clove oil and tricaine methanesulphonate as anesthetic agents on juvenile angelfish (*Pterophyllum scalare*). Aquaculture 433: 491–495. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.07.01

Neiffer, D.L., Stamper. M.A. 2009. Fish sedation, anesthesia, analgesia, and euthanasia: Considerations, methods, and types of drugs. ILAR Journal. 50: 343–360. doi.org/10.1093/ilar.50.4.343

Nuanmanee, S., Sriwanayos, P., Boonyo, K., Chaisri, W., Saengsitthisak, B., Tajai, P., Pikulkaew, S. 2024. Synergistic Effect between Eugenol and 1, 8-Cineole on Anesthesia in Guppy Fish (*Poecilia reticulata*). Vet. Sci. 11: 165. doi.org/10.3390/vetsci11040165

Ogretmen, F., Gokçek, K. 2013. Comparative Efficacy of Three Anesthetic Agents on Juvenile African Catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). TrJFAS. 13: 51–56. doi.org/10.4194/1303-2712-v13_1_07

Santos, E.S., Silva, T.G., Vasconcelos-Filho, J.I.F., Freitas, M.S.A., Freitas, R.M., Araújo, I.M. 2017. Clove oil in different concentrations as an anesthetic for guppy *Poecilia reticulata*. ActaFish 5: 155–161. doi.org/10.2312/ActaFish.2017.5.3.155-161

Silva, L.L., Garlet, Q.I., Benovit, S.C., et al. 2013. Sedative and anesthetic activities of the essential oils of *Hyptis mutabilis* (Rich.) Briq. and their isolated components in silver catfish (*Rhamdia quelen*). Braz. J. Med. Biol. Res. 46: 771–779. doi.org/10.1590/1414-431X20133013

Tarkhani, R., Imani, A., Jamali, H., Moghanlou. K.S. 2016. Anesthetic efficacy of eugenol on Flowerhorn (*Amphilophus lobiatus* x *Amphilophus trimaculatus*). Aquac. Res. 1–9. doi.org/10.1111/are.13151

Tarkhani, R., Imani, A., Jamali, H., Farsani, H.G. 2017. Anaesthetic efficacy of eugenol on various size classes of angelfish (*Pterophyllum scalare* Schultze,1823). Aquac. Res. 1–8. doi.org/10.1111/are.13339

ภาคผนวก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. ผศ.ดร.อารยา อาจเจริญ เทียนหอม	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
2. ผศ.ดร.กนกวรรณ ถนอมจิตร	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
3. ผศ.ดร.จรีรัตน์ ฉันทวุฒิพร	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
4. ผศ.ดร.จุติภรณ์ ทัสสกุลพนิช	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
5. ผศ.ดร.เจนจิรา ชุมภูคำ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
6. ผศ.ดร.ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
7. อ.ดร.นิตยา ชูเกาะ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
8. ผศ.ดร.เบญญา มะโนชัย	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
9. ผศ.ดร.ปริยานุช จุลกะ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
10. ผศ.ดร.วีรศิลป์ สอนจรูญ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
11. ผศ.ดร.ทรงยศ โชติชุติมา	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
12. รศ.ดร.ธนพล ไชยแสน	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
13. รศ.ดร.ธานี ศรีวงศ์ชัย	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
14. ผศ.ดร.นพ ตัณมุขยกุล	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
15. รศ.ดร.ภัศจี คงศีล	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
16. อ.ดร.ภารดี ธรรมาภิชัย	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
17. อ.ดร.รมิดา กร่ำศรี	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
18. ผศ.ดร.วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
19. ผศ.ดร.สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
20. ผศ.ดร.สุจินต์ เจนวีรวัฒน์	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
21. อ.ดร.อภิเดช รักเป็นไทย	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
22. รศ.ดร.เฉลิมพล ภูมิไชย์	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
23. รศ.ดร.ธิดา เดชฮวบ	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
24. รศ.ดร.ติยากร ฉัตรนภารัตน์	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
25. ผศ.ดร.ปัฐวิภา สงกุมาร	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
26. อ.ดร.รวิชย์ หลงสวาสดิ์	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
27. ผศ.ดร.วิภาวี ลี้สุทธิพรชัย	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
28. รศ.ดร.วีระณีย์ ทองศรี	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร

29. ผศ.ดร.สวิตา สุวรรณรัตน์	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
30. ผศ.ดร.สุพจน์ กาเซ็ม	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
31. รศ.ดร.อัญชนา ท่านเจริญ	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
32. อ.ดร.เกียรติกำจร อินตานิ	ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร
33. ผศ.ดร.น้องนุช ศิริวงศ์	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
34. รศ.ดร.เอกพันธ์ ไกรจักร์	ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
35. รศ.ดร.ฉัตรชัย เงินแสงสรวย	ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. ผศ.เกศศิรินทร์ แสงมณี	สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
2. ดร.นิพนธ์ เอี่ยมสุภาษิต	สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพสัมพันธ์
3. รศ.ดร.บัณฑิกา อารีย์กุล บุทเซอร์	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Editorial Board

Subject: Plant Sciences (Internal)

1. Asst.Prof.Dr.Araya Arjcharoen Theanhom	2. Asst.Prof.Dr.Kanokwan Thanomchit
3. Asst.Prof.Dr.Jareerat Chunthawodtiporn	4. Asst.Prof.Dr.Jutiporn Thussagunpanit
5. Asst.Prof.Dr.Jenjira Chumpookam	6. Asst.Prof.Dr.Tassanai Jaruwattanaphan
7. Dr.Nittaya Chookoh	8. Asst.Prof.Dr.Benya Manochai
9. Asst.Prof.Dr.Pariyanuj Chulaka	10. Asst.Prof.Dr.Weerasin Sonjaroon
11. Asst.Prof.Dr.Songyos Chotchutima	12. Assoc.Prof.Dr.Tanapon Chaisan
13. Assoc.Prof.Dr.Tanee Sreewongchai	14. Asst.Prof.Dr.Nop Tonmukayalul
15. Assoc.Prof.Dr.Pasajee Kongsila	16. Dr.Paradee Thammapichai
17. Dr.Ramida Krumsri	18. Asst.Prof.Dr.Weerachai Matthayatthaworn
19. Asst.Prof.Dr.Sarawut Rungmekarat	20. Asst.Prof.Dr.Sujin Jenweerawat
21. Dr.Apidet Rakpenthai	22. Assoc.Prof.Dr.Chalermpol Phumichai
23. Assoc.Prof.Dr.Tida Dethoup	24. Assoc.Prof.Dr.Tiyakhon Chatnaparat
25. Asst.Prof.Dr.Pattavipha Songkumarn	26. Dr.Rawit Longsaward
27. Asst.Prof.Dr.Wiphawee Leesutthiphonchai	28. Assoc.Prof.Dr.Veeranee Tongsri

29. Asst.Prof.Dr.Sawita Suwannarat
30. Asst.Prof.Dr.Supot Kasem
31. Assoc.Prof.Dr.Anchana Thancharoen
32. Dr.Kiatkamjon Intani
33. Asst.Prof.Dr.Nongnuch Siriwong
34. Assoc.Prof.Dr.Ekaphan Kraichak
35. Assoc.Prof.Dr.Chatchai Ngernsaengsaruay

Subject: Plant Sciences (External)

1. Asst.Prof.Katsirin Sangmanee
2. Dr.Nipon Iamsupasit
3. Assoc.Prof.Dr.Buntika Areekul Butcher

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาสัตว์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รศ.ดร.ธีรวิทย์ เปี่ยคำภา	ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
2. ผศ.ดร.วันวิสา ชุ่มเงิน	ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน
3. ผศ.ดร.สรรพสิทธิ แปลงแก้ว	ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

สาขาสัตว์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. รศ.ดร.กฤติยา ตรีวลัยรัตน์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
2. รศ.ดร.น.สพ.รักธรรม เมฆไตรรัตน์	คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. รศ.ดร.สินีนาฏ พลโยราช	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
4. รศ.ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
5. ผศ.ดร.วรางคณา กิจพิพิธ	วิทยาลัยสัตวแพทยศาสตร์อัครราชกุมารี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
6. ผศ.ดร.ชูศักดิ์ พูลมา	คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
7. ผศ.สนทยา มูลศรีแก้ว	คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
8. ผศ.ดร.มนตรี ปัญญาทอง	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

9. ผศ.ดร.สุบรรณ ฝอยกลาง	คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
10. ผศ.ดร.สุรพงษ์ ทองเรือง	มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
11. ดร.ณัฐวุฒิ ครุฑไทย	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
12. ดร.ราชาวดี ยอดเศรณี	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
13. สพ.ญ.ดร.ภาวิญา ภูผา	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
14. น.สพ.ฐิติพงษ์ ปลั่งแสงมาศ	ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์
15. ผศ.ดร.น.สพ.ชัยวัฒน์ บุญแก้ววรรณ	-

Editorial Board

Subject: Animal Science (Internal)

1. Assoc.Prof.Dr.Theerawit Poeikhampha
2. Asst.Prof.Dr.Wanwisa Chumngoen
3. Asst.Prof.Dr.Suppasit Plaengkaew

Subject: Animal Science (External)

1. Assoc.Prof.Dr. Krittiya Trivalairat
2. Assoc.Prof.Dr.Raktham Mektrirat (D.V.M.)
3. Assoc.Prof.Dr.Sineenart Polyorach
4. Assoc.Prof.Dr.Anusorn Cherdthong
5. Asst.Prof.Dr.Wanwisa Chumngoen
6. Asst.Prof.Sonthaya Moonsrikaew
7. Asst.Prof.Dr.Montri Punyatong
8. Asst.Prof.Dr.Suban Foiklang
9. Asst.Prof.Dr.Chusak Poolma
10. Asst.Prof Dr.Chaiwat Boonkaewwan (D.V.M.)
11. Asst.Prof.Dr.Surapong Tongrueng
12. Dr.Nuttawut Krutthai
13. Dr.Rachawadee Yodseranee
14. Dr.Pawiya Pupa (D.V.M.)
15. MrTithipong Plangsangmas (D.V.M.)

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาสัตวแพทยศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รศ.น.สพ.ดร.มานะกร สุขมาก	ภาควิชาเวชศาสตร์และทรัพยากรการผลิตสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์
2. รศ.น.สพ.ดร.เทวินทร์ อินปั๋นแก้ว	ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์

3. ผศ.สพ.ญ.ดร.สุปภาดา คณานับ	ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์
4. ผศ.สพ.ญ.ดร.สิทธิณี กุลประเสริฐศรี	ภาควิชาเวชศาสตร์และทรัพยากรการผลิตสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์
5. ผศ.ดร.ปรีดา เลิศวัชระสารกุล	ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์

Editorial Board

Subject: Veterinary Medicine (Internal)

1. Assoc.Prof.Dr.Manakorn Sukmak	2. Assoc.Prof.Dr.Tawin Inpankaew
3. Asst.Prof.Dr.Suppada Kananub	4. Asst.Prof.Dr.Sittinee Kulprasertsri
5. Asst.Prof.Dr.Preeda Lertwatcharasarakul	

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาประมง: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. ผศ.ดร.ศันสนีย์ หวังวรลักษณ์	ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง
2. ผศ.ดร.เณรตา ปิ่นเนตรหาญ	ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง
3. รศ.ดร.จันทนา ไพรบูรณ์	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
4. ผศ.ดร.สันติ พ่วงเจริญ	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
5. ผศ.สมหมาย เจนกิจการ	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
6. ผศ.ดร.ไพลิน จิตรชุ่ม	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
7. ผศ.ดร.ถิรวัฒน์ รายรัตน์	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
8. อ.ดร.ธนิดา แซ่ตั้ง	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
9. รศ.ดร.สาทิต ฉัตรชัยพันธ์	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
10. ผศ.ดร.อนุรักษ์ อุชุวิทยากุล	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
11. ผศ.ดร.พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
12. ผศ.ดร.สุขกฤช นิมิตรกุล	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
13. ผศ.ดร.นรธัช ประชุม	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
14. ผศ.ดร.พูนสิน กันทา	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
15. อ.ดร.อัครศิริ แสงสว่าง	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
16. อ.สรณัฏฐ์ ศิริสวย	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง

17. รศ.ดร.จรวย สุขแสงจันทร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง
18. ผศ.ดร.ธีระพงศ์ ด้วงดี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง

สาขาประมง: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. ผศ.ดร.สนธยา กูลกัลยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
2. ผศ.ดร.วาสนา ไพรสิงห์ขรณ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Editorial Board

Subject: Fisheries (Internal)

1. Asst.Prof.Dr.Sansanee Wangvoralak
2. Asst.Prof.Dr.Nayrata Pinnetdharn
3. Assoc.Prof.Dr.Jantana Praiboon
4. Asst.Prof.Dr.Santi Poungcharean
5. Asst.Prof.Sommai Janekitkarn
6. Asst.Prof.Dr.Pailin Jitchum
7. Asst.Prof.Dr.Tirawat Rairat
8. Dr. Thanida Sae-tang
9. Assoc.Prof.Dr. Satid Chatchaiphan
10. Asst.Prof.Dr.Anurak Uchuwittayakul
11. Asst.Prof.Dr.Phongchate Pichitkul
12. Asst.Prof.Dr.Sukkrit Nimitkul
13. Asst.Prof.Dr.Noratat Prachom
14. Asst.Prof.Dr.Phunsin Kantha
15. Dr. Akkarasiri Sangsawang
16. Mr.Soranuth Sirisuay
17. Assoc.Prof.Dr.Charuay Sukhsangchan
18. Asst.Prof.Dr.Teerapong Duangdee

Subject: Fisheries (External)

1. Asst.Prof.Dr.Sontaya Koolkalya
2. Asst.Prof.Dr.Wassana Prisingkorn

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รศ.ดร.พัชราวดี ศรีบุญเรือง ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
2. ผศ.ดร.สุพัตรา ศรีสุวรรณ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
3. ผศ.ดร.ชลาธร จูเจริญ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
4. ผศ.ดร.นริศรา อินทะสิริ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. รศ.ดร.สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผศ.ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. รศ.ดร.พลสราญ สราญรมย์	สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Editorial Board

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (Internal)

1. Assoc.Prof.Dr. Patcharavadee Sriboonruang	Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture
2. Asst.Prof.Dr.Supattra Srisuwan	Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture
3. Asst.Prof.Dr.Chalathon Choocharoen	Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture
4. Asst.Prof.Dr.Narisara Intasiri	Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (External)

1. Assoc.Prof.Dr.Somsak Kuhaswonvetch	School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
2. Asst.Prof.Dr.Duangkamol Panrosthip Thunmathiwat	School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
3. Assoc.Prof.Dr.Ponsaran Saranrom	School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University

ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กระทรวงดิจิทัล เพื่อเศรษฐกิจและสังคม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยกลุ่มเครือข่ายวิจัยประชาชื่น สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จัดให้มีการประชุมทางวิชาการครั้งที่ ๖๔ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปีพุทธศักราช ๒๕๖๙ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็น ประสบการณ์ และเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยสาขาต่างๆ สู่สาธารณชน

เพื่อให้การประชุมทางวิชาการครั้งที่ ๖๔ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังต่อไปนี้

คณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ

๑.	นายกสภามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒.	ปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม	ที่ปรึกษา
๓.	ปลัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม	ที่ปรึกษา
๔.	ปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ที่ปรึกษา
๕.	ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ	ที่ปรึกษา
๖.	ปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์	ที่ปรึกษา
๗.	ผู้อำนวยการสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม	ที่ปรึกษา
๘.	ผู้อำนวยการสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ	ที่ปรึกษา
๙.	ประธานกลุ่มมหาวิทยาลัยเครือข่ายวิจัยประชาชื่น	ที่ปรึกษา
๑๐.	อธิบดีกรมการข้าว	ที่ปรึกษา
๑๑.	อธิบดีกรมชลประทาน	ที่ปรึกษา
๑๒.	อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน	ที่ปรึกษา
๑๓.	อธิบดีกรมปศุสัตว์	ที่ปรึกษา
๑๔.	อธิบดีกรมส่งเสริมการเกษตร	ที่ปรึกษา
๑๕.	อธิบดีกรมวิชาการเกษตร	ที่ปรึกษา
๑๖.	อธิบดีกรมส่งเสริมสหกรณ์	ที่ปรึกษา
๑๗.	อธิบดีกรมป่าไม้	ที่ปรึกษา
๑๘.	อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ	ที่ปรึกษา
๑๙.	อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี	ที่ปรึกษา
๒๐.	อธิบดีกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง	ที่ปรึกษา

๒๑.	อธิบดีกรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม	ที่ปรึกษา
๒๒.	อธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช	ที่ปรึกษา
๒๓.	ผู้แทนอธิบดีกรมประมง (นายพลพิศิลป์ สุวรรณชัย)	ที่ปรึกษา
๒๔.	ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	ที่ปรึกษา
๒๕.	นายกสมาคมนิสิตเก่ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	ที่ปรึกษา
๒๖.	รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธานกรรมการ
๒๗.	รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและความเป็นสากล	รองประธานกรรมการ
๒๘.	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและการเรียนรู้ตลอดชีวิต	รองประธานกรรมการ
๒๙.	รองอธิการบดีฝ่ายเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์	กรรมการ
๓๐.	รองอธิการบดีฝ่ายนวัตกรรมและพันธกิจเพื่อสังคม	กรรมการ
๓๑.	รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนิสิตและพัฒนาอย่างยั่งยืน	กรรมการ
๓๒.	รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาคุณภาพและระบบฐานข้อมูล	กรรมการ
๓๓.	รองอธิการบดีฝ่ายการเงินและบริหารทรัพย์สิน	กรรมการ
๓๔.	รองอธิการบดีฝ่ายทรัพยากรมนุษย์และยุทธศาสตร์	กรรมการ
๓๕.	รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาวิทยาศาสตร์สุขภาพและเขตพื้นที่สุพรรณบุรี	กรรมการ
๓๖.	รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน	กรรมการ
๓๗.	รองอธิการบดีวิทยาเขตศรีราชา	กรรมการ
๓๘.	รองอธิการบดีวิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร	กรรมการ
๓๙.	คณบดีคณะเกษตร	กรรมการ
๔๐.	คณบดีคณะประมง	กรรมการ
๔๑.	คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์	กรรมการ
๔๒.	คณบดีคณะเทคนิคการสัตวแพทย์	กรรมการ
๔๓.	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	กรรมการ
๔๔.	คณบดีคณะสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
๔๕.	คณบดีคณะวนศาสตร์	กรรมการ
๔๖.	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
๔๗.	คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	กรรมการ
๔๘.	คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
๔๙.	คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์	กรรมการ
๕๐.	คณบดีคณะบริหารธุรกิจ	กรรมการ
๕๑.	คณบดีคณะศึกษาศาสตร์	กรรมการ
๕๒.	คณบดีคณะสังคมศาสตร์	กรรมการ
๕๓.	คณบดีคณะมนุษยศาสตร์	กรรมการ
๕๔.	คณบดีคณะแพทยศาสตร์	กรรมการ
๕๕.	คณบดีคณะพยาบาลศาสตร์	กรรมการ
๕๖.	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย	กรรมการ
๕๗.	ผู้อำนวยการสำนักบริหารการศึกษา	กรรมการ

๕๘.	ผู้อำนวยการสำนักหอสมุด	กรรมการ
๕๙.	ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาการเรียนรู้ตลอดชีวิต	กรรมการ
๖๐.	ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์	กรรมการ
๖๑.	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการและเลขานุการ
๖๒.	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายบริหาร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๖๓.	หัวหน้าสำนักงานเลขานุการ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๖๔.	นางสาวพิชชาอรฐ์ สิริชีวเกษร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ ให้ข้อคิดเห็นและอำนวยการให้การจัดการประชุมทางวิชาการครั้งที่ ๖๔ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไปโดยมีวาระ ๑ ปี

ประกาศ ณ วันที่ ๑๙ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๘

(นายดำรงค์ ศรีพระราม)
รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม)

อนุสนธิประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลงวันที่ ๑๙ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๘ นั้น

เพื่อให้การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงขอแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เพิ่มเติม) ดังนี้

คณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ

๑.	นายกสมาคมปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืชแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๒.	นายกสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพสัมพันธ์	กรรมการ
๓.	นายกสัตวแพทยสภา	กรรมการ
๔.	นายกสัตวแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	กรรมการ
๕.	นายกสมาคมสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์แห่งประเทศไทย	กรรมการ
๖.	นายกสมาคมเทคนิคการสัตวแพทย์แห่งประเทศไทย	กรรมการ
๗.	นายกสภาวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๘.	นายกสมาคมสถาบันอุดมศึกษาสิ่งแวดล้อมไทย	กรรมการ
๙.	นายกสมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์	กรรมการ
๑๐.	นายกสมาคมเศรษฐศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	กรรมการ
๑๑.	นายกสมาคมเศรษฐศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
๑๒.	นายกสมาคมศิษย์เก่าเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ	กรรมการ
๑๓.	นายกสมาคมการตลาดแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๑๔.	นายกสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	กรรมการ
๑๕.	นายกสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๑๖.	นายกสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๑๗.	นายกสมาคมสภาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
๑๘.	นายกสมาคมหลักสูตรและการสอนแห่งประเทศไทย	กรรมการ
๑๙.	นายกสมาคมการค้าปัจจัยการผลิตสัตว์น้ำไทย	กรรมการ
๒๐.	นายกสมาคมส่งเสริมกิจการประมงไทย	กรรมการ
๒๑.	นายกสมาคมปลานิลไทย	กรรมการ
๒๒.	นายกสมาพันธ์การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไทย	กรรมการ

๒๓. นายกสมาคมผู้เพาะเลี้ยงปลาทะเลไทย กรรมการ
๒๔. นายกสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย กรรมการ
๒๕. นายกสมาคมวิศวกรโครงสร้างแห่งประเทศไทย กรรมการ
๒๖. นายกสมาคมหุ่นยนต์ไทย กรรมการ
๒๗. นายกสมาคมการผังเมืองไทย กรรมการ
๒๘. นายกสมาคมภูมิสถาปนิกประเทศไทย กรรมการ
๒๙. นายกสมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ กรรมการ
๓๐. นายกสมาคมนักออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กรรมการ
๓๑. นายกสภาสถาปนิก กรรมการ
๓๒. นายกสมาคมธุรกิจไม้โตเร็ว กรรมการ
๓๓. นายกสมาคมรุกขกรรมไทย กรรมการ
๓๔. นายกสมาคมจิตวิทยาแห่งประเทศไทย กรรมการ
๓๕. นายกสมาคมนักสังคมวิทยาและมานุษยวิทยาสยาม กรรมการ
๓๖. นายกสมาคมสังคมวิทยาสาธารณะ ประเทศไทย กรรมการ
๓๗. คณบดีคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรรมการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ ให้ข้อคิดเห็นและอำนวยการให้การจัดการประชุมทางวิชาการครั้งที่ ๖๔ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

๑. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและความเป็นสากล ที่ปรึกษา
๒. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและการเรียนรู้ตลอดชีวิต ที่ปรึกษา
๓. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ปรึกษา
๔. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายบริหาร ประธานกรรมการ
๕. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการและการเรียนรู้ตลอดชีวิต (นางสาวนีรนุช ภาชนะทิพย์) ประธานกรรมการร่วม
๖. นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณทีป กรรมการและเลขานุการ
๗. นายปฏิภักดิ์ ปัญญาพูนตระกูล ผู้ช่วยเลขานุการ
๘. **กรรมการหมวดวิชาการเกษตรศาสตร์**

๘.๑ สาขาพืช

๑. คณบดีคณะเกษตร ที่ปรึกษา
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปริยานุช จุลกะ ประธานกรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์ รองประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์สุตเขตต์ นาคะเสถียร กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์ธานี ศรีวงศ์ชัย กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์เฉลิมพล ภูมิไชย์ กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ภัศจี คงศีล กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์ปิติพงษ์ โตบันลือภพ กรรมการ

๙. รองศาสตราจารย์ธนพล ไชยแสน กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์เสาวนุช ถาวรพฤกษ์ กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์อัศเลข รัตนวรรณี กรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์เอกพันธ์ ไกรจักร กรรมการ
๑๓. รองศาสตราจารย์ธิดา เดชฮวบ กรรมการ
๑๔. รองศาสตราจารย์อรอุมา เพียซ้าย กรรมการ
๑๕. รองศาสตราจารย์วันวิสา ศิริวรรณ์ กรรมการ
๑๖. รองศาสตราจารย์เนตรนภิส เขียวขำ กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจนา บุญเรือง กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรีรัตน์ ฉันทวุฒิพร กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุติภรณ์ ทัสสกุลพนิช กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจนจิรา ชุมภูคำ กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญญา มะโนชัย กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิจิตรา แก้วสอน กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัณณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์ กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อารยา อาจเจริญ เทียนหอม กรรมการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาริชาติ พรมโชติ กรรมการ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ กรรมการ
๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะ กิตติภาดากุล กรรมการ
๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจินต์ เจนวีรวัฒน์ กรรมการ
๓๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพ ตัณมุขยกุล กรรมการ
๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงยศ โชติชุติมา กรรมการ
๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล กรรมการ
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณสิริ วรรณรัตน์ กรรมการ
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณี วงษ์แก้ว กรรมการ
๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีรชัย มัธยัสถ์ถาวร กรรมการ
๓๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ กาเซ็ม กรรมการ
๓๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐกร คุณเจริญ กรรมการ
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช กรรมการ
๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนงค์นุช สาสนรักกิจ กรรมการ
๔๐. นางสาวนิตยา ชูเกาะ กรรมการ
๔๑. นายเจตษฎา อุตรพันธ์ กรรมการ
๔๒. นางสาวภารดี ธรรมาภิชัย กรรมการ
๔๓. นายอภิเดช รักเป็นไทย กรรมการ
๔๔. นางสาวรมิดา กร่ำศรี กรรมการ
๔๕. นางสาวสรัญญา จันทรวิวัฒน์ กรรมการและเลขานุการ
๔๖. นางสาวธัญธิดา ลังกา กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๘.๒ สาขาสัตว์

๑.	คณบดีคณะเกษตร	ที่ปรึกษา
๒.	นายกสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	ที่ปรึกษา
๓.	ศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์	ประธานกรรมการ
๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ	รองประธานกรรมการ
๕.	เลขาธิการสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	กรรมการ
๖.	รองศาสตราจารย์พรรณวดี โสพรรณรัตน์	กรรมการ
๗.	รองศาสตราจารย์ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ	กรรมการ
๘.	รองศาสตราจารย์วิริยา ลุ้งใหญ่	กรรมการ
๙.	รองศาสตราจารย์ธีรวิทย์ เปี่ยคำภา	กรรมการ
๑๐.	รองศาสตราจารย์อัจฉรา ขยัน	กรรมการ
๑๑.	รองศาสตราจารย์ชาญวิทย์ แก้วตาปี	กรรมการ
๑๒.	รองศาสตราจารย์ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี	กรรมการ
๑๓.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกพร พ่วงพงษ์	กรรมการ
๑๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชาว์วิทย์ ระฆังทอง	กรรมการ
๑๕.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ธร คงมั่น	กรรมการ
๑๖.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดนัย จัตวา	กรรมการ
๑๗.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พนัดดา บึงศรีสวัสดิ์	กรรมการ
๑๘.	นางสาวมัธย์ฤน โล่ทอง	กรรมการ
๑๙.	นายสมบัติ ประสงค์สุข	กรรมการ
๒๐.	นางสาวทิพย์มนต์ ใยเกษ	กรรมการ
๒๑.	นายพัลลภ ตั้งตระกูลทรัพย์	กรรมการ
๒๒.	นายเสวก เกียรติสมภพ	กรรมการและเลขานุการ
๒๓.	นางสาววัชราภรณ์ ศรีพลน้อย	กรรมการและเลขานุการ
๒๔.	นางสาวสุภาพร ย้อนโคกสูง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๕.	นางสาวนิภารัตน์ โคตะนนท์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๖.	นางสาวอัญชลี บวดขุนทด	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๗.	นายพัทธ์ดนัย ไดนา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๘.๓ สาขาประมง

๑.	คณบดีคณะประมง	ที่ปรึกษา
๒.	รองคณบดีฝ่ายวิเทศสัมพันธ์	ประธานกรรมการ
๓.	ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิเทศสัมพันธ์	กรรมการ
๔.	หัวหน้าศูนย์บริหารงานวิจัยและสนับสนุนวิชาการ	กรรมการ
๕.	รองศาสตราจารย์วราห์ เทพาหุดี	กรรมการ
๖.	รองศาสตราจารย์ประพันธ์ศักดิ์ ศิรษะภูมิ	กรรมการ
๗.	รองศาสตราจารย์สาทิต ฉัตรชัยพันธ์	กรรมการ
๘.	รองศาสตราจารย์กังสดาลย์ บุญปราบ	กรรมการ

๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมธี แก้วเนิน กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฏฐิกาฑ์ เหมภัทรสุวรรณ กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรี ครูขยัน กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถิรวัฒน์ รายรัตน์ กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาย วรชนะนันท์ กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนัสพงษ์ โภควนิช กรรมการและเลขานุการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สันติ พ่วงเจริญ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๖. นางสาวกาญจนา ทองเครือ ผู้ช่วยเลขานุการ
๑๗. นางสาวสุมิตตรา สุพรรณ์นอก ผู้ช่วยเลขานุการ

๘.๔ สาขาสัตวแพทยศาสตร์

๑. คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์ ที่ปรึกษา
๒. รองศาสตราจารย์กัญจน์ แก้วมงคล ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานต์สุดา ลีฬหาพงศธร ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์นิอร รัตนภพ กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์มานะกร สุขมาก กรรมการ
๖. รองศาตราจารย์พิษณุ ตุลยกุล กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์เกษริน ขำยิ่งเกิด กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริรัตน์ นิยม กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อักษร แสงเทียนชัย กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณีนุช เขียวอินทร์ กรรมการ
๑๑. นายศุภชาติ ปานเนียม กรรมการ
๑๒. นายวงศ์วิศว์ เจริญผล กรรมการและเลขานุการ
๑๓. นางสาวญาดา หาญปัญญาพิชิต กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๔. นางสาววริศรา มารยาท กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๕. นางสาวสุพิชชา ดันนอก กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๘.๕ สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์

๑. คณบดีคณะเกษตร ที่ปรึกษา
๒. นายกสมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์ ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์กานต์สุดา วันจันทึก ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นริศรา อินทะสิริ รองประธานกรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์พิชัย ทองดีเลิศ กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์พัชราวดี ศรีบุญเรือง กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์สุภาภรณ์ เลิศศิริ กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พนามาศ ตรีวรรณกุล กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพัตรา ศรีสุวรรณ กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธานินทร์ คงศิลา กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชลาธร จุลเจริญ กรรมการ

๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมตตา เร่งขวนขวาย กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปพิชญา จินตพิทักษ์สกุล กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตต์โสภิณ มีระเกตุ กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรันยา เผือกผ่อง กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้องนุช ศรีวงศ์ กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจิตตา เรืองรัศมี กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำพร แจ่มผล กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริพร เรียบร้อย คิม กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งทิพย์ ลุยเลา กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุติมา ชวลิตมณเฑียร กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัลภา แต้มทอง กรรมการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรานุช เลิศวัฒนารักษ์ กรรมการ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กรกฎ แพทย์หลักฟ้า กรรมการ
๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิภูษณะ ศุภนคร กรรมการ
๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต กรรมการ
๓๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทิพวรรณ ดวงปัญญา กรรมการ
๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฤทัย เรืองธรรมสิงห์ กรรมการ
๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาวิตรี พังงา กรรมการ
๓๓. นายกษิดิ์เดช อ่อนศรี กรรมการ
๓๔. นางทิพากร ม่วงถึก กรรมการ
๓๕. นางสาววสพร นิชรัตน์ กรรมการ
๓๖. นางสุขกมล ปัญญาจันทร์ กรรมการ
๓๗. นางศรัญญา ศรีโยธิน กรรมการ
๓๘. นางสาวพิมพ์อร สุขแล้ว กรรมการ
๓๙. นางสาวแพร เจริญวุฒิพงศ์ กรรมการและเลขานุการ
๔๐. นางสาวสุภิญญา ขาวผ่อง กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๑. นางกัญญ์พิชชา โทนพงศ์ษา กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๒. นางสาวมณินทร เดชแห้ว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๓. นางสาวกรรณิกา พุ่มสาหร่าย กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๔. นายภูษิตฐ์คมนต์ แสงศรีเพชรกล้า กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๕. นางสาวสวรรญา แย้มบัวเพ็ง กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๖. นางสาวกัญตนา หลอดทองหลาง กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๗. นางสาวรจนา สังข์ทอง กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙. กรรมการหมวดวิชาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

๙.๑ สาขาวิทยาศาสตร์

๑. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ที่ปรึกษา
๒. รองศาสตราจารย์ชัชวาล จันทราสุริยารัตน์ ประธานกรรมการ
๓. รองศาสตราจารย์พิทักษ์ เชื้อวงศ์ รองประธานกรรมการ

๔.	รองศาสตราจารย์ภานุ พิมพ์วิริยะกุล	กรรมการ
๕.	รองศาสตราจารย์ปกรณ์ วรรธนะอมร	กรรมการ
๖.	รองศาสตราจารย์โชติกา หยกทองวัฒนา	กรรมการ
๗.	รองศาสตราจารย์ฉัตรชัย เงินแสงสรวย	กรรมการ
๘.	รองศาสตราจารย์ศุภชัย วุฒิพงศ์ชัยกิจ	กรรมการ
๙.	รองศาสตราจารย์ศิริกาญจนา ทองมี	กรรมการ
๑๐.	รองศาสตราจารย์ธรรมกร แซ่ตั้ง	กรรมการ
๑๑.	รองศาสตราจารย์เกียรติศักดิ์ แสนบุญเรือง	กรรมการ
๑๒.	รองศาสตราจารย์พงศ์เทพ ประจงทัศน์	กรรมการ
๑๓.	รองศาสตราจารย์วชิรญาณ์ ธงอาสา	กรรมการ
๑๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์แคทลียา ดาวสุด	กรรมการ
๑๕.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุรีภรณ์ เชื้อดวงผุย	กรรมการ
๑๖.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลัดดา แต่งวัฒนานุกูล	กรรมการ
๑๗.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริญญา ธีระอนันต์ชัย	กรรมการ
๑๘.	นายวรพงศ์ สิงห์ชาติ	กรรมการ
๑๙.	นางสาวรอยพิมพ์ ธนานุศักดิ์	กรรมการ
๒๐.	นายฐิติพงศ์ พันทุม	กรรมการ
๒๑.	นางสาววริศษา นรินทร	กรรมการ
๒๒.	นางสาวพรทิพย์ บุญมหามงคล	กรรมการและเลขานุการ
๒๓.	นายรับพันธ์ ตรงวิวัฒน์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔.	นายสาธิต ประเสริฐมานะกิจ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๕.	นายวิธวัช หงษ์ตระกูล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๖.	ว่าร้อยตรีหญิงผุสดี แสนชอบ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๗.	นางสาวกานต์สินี พรหมสมัคร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๒ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

๑.	คณบดีคณะแพทยศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒.	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ พลตรีหญิง เสาวนีย์ ลีละยูวะ	ที่ปรึกษา
๓.	ศาสตราจารย์ พลตรี มฑิรุทธ มุ่งถิ่น	ที่ปรึกษา
๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พลตรีหญิง จันทราภา ศรีสวัสดิ์	ที่ปรึกษา
๕.	รองศาสตราจารย์พิงควรรศ คงมาลัย	ประธานกรรมการ
๖.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐเมธี เครือภูงา	กรรมการ
๗.	นางสาววิภาพร ขจรวงศ์วัฒนา	กรรมการ
๘.	นางธัญวรินทร์ ฐิติภัทรภูวนนท์	กรรมการ
๙.	นายวันฉัตร ศิริสาร	กรรมการ
๑๐.	นายวิทวัส ศรีแก้วณวรรณ	กรรมการ
๑๑.	นางสาวปริชญา ภิรมย์รัตน์	กรรมการ
๑๒.	นางสาวไอระดา พิณทอง	กรรมการ
๑๓.	นางสาวณัฐวดี เพ็งรัตนโชติ	กรรมการ

๑๔. นายนาวิน จันทรา กรรมการและเลขานุการ
๑๕. นางทิพย์ระวี รัศมีพงศ์ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๖. นางสาวณิชกานต์ พุทธสูงเนิน กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๓ สาขาวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

๑. คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์สิริพล อนันตวรสกุล ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์นวลวรรณ ทวยเจริญ รองประธานกรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์ กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์กษิดิศ พนมสุวรรณ กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์กานดิส สุดสาคร กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์สัญญา สิริวิทยาปกรณ์ กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์กฤษณะ ไวยมัย กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์อรทัย จงประทีป กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์วรดร วัฒนพานิช กรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน กรรมการ
๑๓. รองศาสตราจารย์ชินธันย์ อารีประเสริฐ กรรมการ
๑๔. รองศาสตราจารย์ปัญญาวุธ จิรดิลก กรรมการ
๑๕. นายเดชพล จิตรวัฒน์กุลศิริ กรรมการ
๑๖. นางสาวศุภัชชา ชัยเมธานันท์ กรรมการ
๑๗. นายสิงห์อำพล จันทร์วิเศษ กรรมการและเลขานุการ
๑๘. นางสาวขวัญกมล บุญโปร่ง กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๙. นางสาวสหพร แบบประดับ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๐. นางสาวสุทัตตา พาหุมันโต กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๔ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

๑. รองศาสตราจารย์อุลัยวรรณ์ วิทยเกียรติ ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ธัญญารัตน์ จิญกาญจน์ รองประธานกรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขนิษฐา วัชราภรณ์ รองประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์รังรอง ยกส้าน กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์วราภรณ์ บุญทรัพย์ทิพย์ กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์สุดสาย ตรีวานิช กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์รวิพิมพ์ ฉวีสุข กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์กิติญา วงษ์คำจันทร์ โอราน กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์นพรัตน์ ปราบสงบ กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณภัทร พรหมเพ็ญ กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนนิกานต์ ศรีกัลยา กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรพงศ์ เลิศสุรวัฒน์ กรรมการ
๑๓. นางสาวทัศนีย์ ปลั่งกลาง กรรมการ
๑๔. นายวีรวิชญ์ ภัทรยิ่งสกุล กรรมการ

๑๕. นางสาวจารุพร รักใหม่ กรรมการ
๑๖. นางสาวนัฏพร ขนุนก้อน กรรมการ
๑๗. รองศาสตราจารย์ประกิต สุขใย กรรมการและเลขานุการ
๑๘. นางสาวดวงสมร โตเปี้ยว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๙. นางสาวอัญชนา ชมภูแก้ว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๕ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

๑. คณบดีคณะวนศาสตร์ ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะสิ่งแวดล้อม ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลัดดาวรรณ เหรียญตระกูล ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขรรค์ชัย ประสานัย รองประธานกรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์นิสา เหล็กสูงเนิน กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ชลอ จารุสุทธิรักษ์ กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์รัฐชา ชัยชนะ กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์ภาคภูมิ ชูมณี กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์กิติชัย รัตนะ กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภศิษย์ ศรีอักขรินทร์ กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิตยา เมี้ยนมิตร กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พฤทธิ์ ราชรักษ์ กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรอนงค์ ผิวนิล กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาสิณี วรชนะนันท์ กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติชัย ดวงมาลย์ กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพวรรณ เสมวิมล กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนิศร์ ปัทมพิฑูร กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธัญภัสสร์ ทองเย็น กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรพงษ์ วาระรัมย์ กรรมการ
๒๓. นายพงษ์ศักดิ์ เฮงนิรัดร์ กรรมการ
๒๔. นางสาวนรินธร จำวงษ์ กรรมการ
๒๕. นายเจษฎา วงค์พรหม กรรมการ
๒๖. นางสาวแอน กำภู ณ อยุธยา กรรมการ
๒๗. นางสาวมณีกาญจน์ อยู่เอี่ยม กรรมการ
๒๘. นางสาวอาทิตยา ช่างด้วง กรรมการ
๒๙. นายภาคิน มาสกุลรัตน์ กรรมการ
๓๐. นางสาวศิรภัสสร ชมเชย กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๑. นางสาวจินตลา กลิ่นหวล กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๒. นายกมนณพ ฤดีจรัสวัลย์ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๓๓. นางสาวนิชาภา อ้วนเต็ม กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๔. นางณิชชา ประจันตะเสน กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๕. นางมธุรา อ่างแก้ว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐. **กรรมการหมวดวิชาการมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศึกษาศาสตร์**

๑๐.๑ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ

๑. คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์ ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะบริหารธุรกิจ ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์วิษณุ อรรถวานิช ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์พลวัฒน์ เลิศกุลวัฒน์ รองประธานกรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์รวิสสาข์ สุชาโต รองประธานกรรมการ
๖. ศาสตราจารย์ภูมิฐาน รังคกูลนุวัฒน์ กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์กนกวรรณ จันทร์เจริญชัย กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์พิทวัส เอื้อสังคมเศรษฐ์ กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์สุธาวัลย์ พฤกษ์อำไพ กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์วุฒิไกร งามศิริจิตต์ กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์ธงชัย ศรีวรรธนะ กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุชุก ด้วงบุตรศรี กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภสม สินเพิ่มสุขสกุล กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรศักดิ์ ทรัพย์วโรบล กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฏฐณิชา ฉายรัศมี กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐวุฒิ คูวัฒนเธียรชัย กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุมทิพย์ เสนีย์รัตนประยูร กรรมการ
๑๘. นางลลิตา จันทรวงศ์ไพศาล หงุ่ยตระกูล กรรมการ
๑๙. นางสาวธิดารัตน์ คุ้มกิจ กรรมการ
๒๐. นายคุณากร วิวัฒนากรวงศ์ กรรมการ
๒๑. นางสาวชนัญชิดา เค็งสม กรรมการและเลขานุการ
๒๒. นายกสิณ บุญปาล กรรมการและเลขานุการ
๒๓. นายภคพงศ์ พวงศรี กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔. นางสาวภีรตา รัตนสิงหกุล กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๕. นางสาวรัตติยา สาระโท กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๖. นางสาวนงนุช ขำเลิศ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๗. นางสาวสมพิศ ทิมเทศ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๘. นางสาวจินตนา บุญสุวรรณ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๙. นางสาวนิสรา รุ่งเรือง กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๐. นางสาวกัญจน์ณัฏฐ์ อยู่ถนอม กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๑. นางสาววรรณนิภา ชาวนา กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๒. นายสมชาย ตามบุญ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๓. นายสัญชัย ทองขาว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๔. นางสาวนงลักษณ์ จงกฎ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๓๕. นางสาวลักษมณ ปิตานนท์ชัย กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๖. นางสาวจารุวรรณ ไชยธวัชพุทธิพร กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๗. นางสาวชุดติมา อุบลบาน กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๘. นางสาวอรัญณี ทองจันทร์แก้ว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๙. นางสาวสุกัญญา ใบกาวิน กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๐. นางพัชรินทร์ อุดมรัตน์ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๑. นางสาวธัญลักษณ์ เพ็งพินิจ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๒. นางสาวเขมวิการ์ ลาภส่งเสริม กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐.๒ สาขาศึกษาศาสตร์

๑. รองศาสตราจารย์ชาตรี ฝ่ายคำตา ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ภัทรวรรธน์ จีรพัฒน์ธนธร รองประธานกรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนนันท์ ธนารัชตะภูมิ รองประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์ณัฐพล รำไพ กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์จีระวรรณ เกษสิงห์ กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรเดช ศรีทา กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญเลิศ อุทยานิก กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐิกา เพ็งลี กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัทรพร แจ่มใส 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
๑๙. นางสาวธนวัลย์ ตั้งเสถียรวงศา กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๐. นางสาวธันยพร อินทรอุทก กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๑. นางสาววิภา เสริฐสันติ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐.๓ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

๑. คณบดีคณะสังคมศาสตร์ ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะมนุษยศาสตร์ ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์กังสดาล เชาว์วัฒนกุล ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์นัทธนัย ประสานนาม รองประธานกรรมการ
๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมขวัญ สิงห์วี รองประธานกรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์ธนารดี คำยา กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ชยพจน์ ลือนันต์ กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นรุตม์ พรประสิทธิ์ กรรมการ

๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรนันท์ กลันทปุระ	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปุรินทร์ นาคสิงห์	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิพย์ ลิ้มเหะพันธ์	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภิรดา ชัยรัตน์	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรภัทร รัตนาพาณิชย์	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สอนกิจจา บุญโปร่ง	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สายทิพย์ เหล่าทองมีสกุล	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทนุช อุดมละมุล	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พณิตา ฉัตรานนท์	กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิภาดา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต	กรรมการ
๑๙. นางสาวนฤมล ช้างบุญมี	กรรมการ
๒๐. นางสาวจุฑารัตน์ จิตโสภา	กรรมการ
๒๑. นายชุติพงศ์ ร่มสนธิ์	กรรมการ
๒๒. นายชัยรัตน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง	กรรมการ
๒๓. นายณัฐภัทร์ รักวงศ์วาน	กรรมการ
๒๔. นางสาวนิสารัตน์ ขันธโภค	กรรมการ
๒๕. นายสมรรถพงศ์ ขจรมณี	กรรมการ
๒๖. นางสาวจริยา สุพรรณ	กรรมการ
๒๗. นางสาวผาณิตา ชัยดิเรก	กรรมการ
๒๘. นายธัญพัฒน์ ไกรจริยาเวทย์	กรรมการ
๒๙. นางสาวอภิญญา แก้วมา	กรรมการและเลขานุการ
๓๐. นางสาวพรปวีณ์ สามปรุ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๑. นางสาวทิพวัลย์ รามรง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๒. นางสาวศรีวรรณ บุญประเสริฐ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๑. **คณะกรรมการโดยสมาคมวิชาการ วิชาชีพ**

๑. ศาสตราจารย์อมร พิมานมาศ	กรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์สุชาติ เหลืองประเสริฐ	กรรมการ
๓. รองศาสตราจารย์กาญจนพันธุ์ สุขวิชชัย	กรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์ประกิต สุขใย	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์สิริชัย ส่งเสริมพงษ์	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์สิรี ชัยเสรี	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์พรเทพ เหมือนพงษ์	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์ศรัณย์ วรรธนัจฉริยา	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์โสมสกาว เพชรานนท์	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสิฏฐ์ ธรรมวิถี	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเชษฐ์ สมุหเสนีโต	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อาณดี นิติธรรมยง	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนภณ พันธเสน	กรรมการ

๑๕. นายกิติพงศ์ ตั้งกิจ กรรมการ
๑๖. นางสาวอรยา สูตะบุตร กรรมการ
๑๗. นายบัลลพ ขำเจริญ กรรมการ
๑๘. นางสาวชณิภัฏ ชวนานนท์ กรรมการ
๑๙. นายประภากร วทานยกุล กรรมการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ จัดการเสนอผลงานในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดหน้าที่รับผิดชอบ กำหนดแนวทางการคัดเลือกผลงานที่นำมาเสนอ และรับนโยบายจากคณะกรรมการอำนวยการ มาปฏิบัติให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะกรรมการฝ่ายบริหารจัดการประชุมทางวิชาการ

๑.	รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและความเป็นสากล	ที่ปรึกษา
๒.	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธานกรรมการ
๓.	ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์	ประธานกรรมการร่วม
๔.	ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาการเรียนรู้ตลอดชีวิต	ประธานกรรมการร่วม
๕.	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายบริหาร	รองประธานกรรมการ
๖.	ประธานฝ่ายเลขานุการ (นางอัจฉราวรรณ คล้องช้าง)	กรรมการ
๗.	ประธานฝ่ายสารสนเทศ (ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์)	กรรมการ
๘.	ประธานฝ่ายสถานที่ (ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์ และ รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายวิจัยและวิเทศสัมพันธ์)	กรรมการ
๙.	ประธานฝ่ายประชาสัมพันธ์ (หัวหน้างานสื่อสารองค์กร)	กรรมการ
๑๐.	ประธานฝ่ายโสตทัศนูปกรณ์ (นายสุวิทย์ คำแสง)	กรรมการ
๑๑.	ประธานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ (รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝ่ายเผยแพร่งานวิจัย)	กรรมการ
๑๒.	ประธานฝ่ายการเงิน (นางสาววรรณวิมล ราชอุปนันท์)	กรรมการ
๑๓.	ประธานฝ่ายจัดการฐานข้อมูล (ผู้อำนวยการสำนักหอสมุด)	กรรมการ
๑๔.	นายปฏิภักดิ์ ปัญญาพูนตระกูล	กรรมการและเลขานุการ
๑๕.	นายพลากร คำแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ ประสานงาน ดำเนินการ และอำนวยความสะดวกการจัดประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔ โดยประสานงานกับคณะกรรมการอำนวยการ และคณะกรรมการฝ่ายวิชาการเพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงและเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไปโดยมีวาระ ๑ ปี

ประกาศ ณ วันที่ ๒๔ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๘



(นายดำรงค์ ศรีพระราม)
รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำสั่งสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่ ๙๐/๒๕๖๘
เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อให้การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๔ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงให้แต่งตั้งคณะทำงานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ ดังรายนามต่อไปนี้

๑. รองผู้อำนวยการฝ่ายเผยแพร่งานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธานคณะทำงาน
๒. นางสาวทิสยา ทิศเสถียร	คณะทำงาน
๓. นางสาววนิดา รัตตมณี	คณะทำงาน
๔. นายวิทวัส ยุทธโกศา	คณะทำงาน
๕. นางสาวมณฑา ปานทิม	คณะทำงาน
๖. นางสาวธมนวรรณ เทาศิริ	คณะทำงาน
๗. นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณทีป	คณะทำงานและเลขานุการ

โดยให้คณะทำงานชุดนี้ มีหน้าที่ ดำเนินการผลิตสื่อวิชาการ อาทิ สื่อประชาสัมพันธ์งานประชุมทางวิชาการ สื่อข้อกำหนดต่างๆ จัดทำกำหนดการ หนังสือสูจิบัตร หนังสือรวบรวมบทคัดย่อ (Book of Abstracts) หนังสือตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่องเต็ม (E-Proceedings) การประสานงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ รวมถึงการผลิตสื่อมัลติมีเดียและการถ่ายทอดสดงานประชุม โดยประสานงานกับฝ่ายวิชาการและฝ่ายต่างๆ ให้ดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๘

(รองศาสตราจารย์เอกไท วิโรจน์สกุลชัย)
รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหาร
รักษาการแทนผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญา

เป็นสถาบันที่มีปณิธานมุ่งมั่นในการสั่งสมเสาะแสวงหา และพัฒนาความรู้
ให้เกิดความเจริญงอกงามทางภูมิปัญญาที่เพียบพร้อมด้วย
วิชาการ จริยธรรม และคุณธรรม ตลอดจนเป็นผู้ชี้นำทิศทางสืบทอด
เจตนารมณ์ที่ดีของสังคม เพื่อความคงอยู่ ความเจริญ
และความเป็นอารยะของชาติ

annualconference.ku.ac.th

KUannualconf@gmail.com