



วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

สำหรับวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีที่ 43 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2569

ISSN 2985-0118 (Online)

อิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแคนนาบินอยด์ของกัญชงสายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ในแปลงกลางแจ้ง

วัชรินทร์ จันทวรรณ อรพันธ์ สฤกษ์ดีนำ ระเบียบ คณเดชาบริรักษ์ เสกสรร สงจันทร์ และวินัย วิริยะอลกรณ์..... 1-14

การผลิตฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในกระถางสภาพโรงเรือนทางภาคใต้ของประเทศไทย

จักรกฤษณ์ พูนภักดี และอภิ สกุลเผือก..... 15-28

ผลของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ปริมาณ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์

ในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีและนครราชสีมา

กิตติพัฒน์ กิจเศรษฐ์ ยูพา จอมแก้ว และชูชาติ สันทรทรัพย์..... 28-41

การเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญของปูเล้าพันธุ์มอริสเฮดดิ้งที่ปลูกในวัสดุปลูกจากดินนา

ระยะปรับเปลี่ยนสู่อินทรีย์ที่เสริมด้วยวัตถุอินทรีย์ต่างชนิด

เพชรรัตน์ พรหมทา นิตพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย สุณิสสา เขียวสกุลมาก สายฝน ทดตะศรี และนันท์ ทาสมเป็น..... 42-54

ผลของการคลุมดิน การใช้สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์ และการพ่นดินขาวเกลินต่อความทนแล้งของต้นกล้าทุเรียนหมอนทอง

วิมลฉัตร สมนิยาม และพัฒนา สมนิยาม..... 55-69

โครงสร้างสังคัมพีชและลักษณะเชิงปริมาณของไผ่รวกในพื้นที่ป่าชุมชน บ้านกระทุ่มทอง ตำบลวังซ้อย อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์

นพรัตน์ ทิพย์คำ เพ็ญพิสัย เปียนคิด มณฑล นอแสงศรี กฤษดา พงษ์การัญญาส และแหลมไทย อาชานอก..... 70-83

ความหลากหลายชนิดของไม้ต้นในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ป่าชุมชนบ้านหาดปูด้าย จังหวัดลำปาง

กฤษดา พงษ์การัญญาส แหลมไทย อาชานอก พิทยาธร อินแก้ว และวรรณอุบล สิงห์อยู่เจริญ..... 84-98

ความอุดมสมบูรณ์ของดินและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน สวนยางพารา สวนหลังบ้าน

และห้วยอมป่า ตำบลคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่

ณัฐวดี ช่อคำ ธนากร ลัทธธีระสุวรรณ จักรพงษ์ ไชยวงศ์ ภัทราพร ผูกคล้าย ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด..... 99-115

สินีนารถ สองศรี และศิริรัตน์ สุขช่วย.....

การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศสิ่งแวดล้อม ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไฉ่

อรทัย มิ่งอิทธิ และยศสรลัด ศรีสุข..... 116-132

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารโดยเทคนิคไมโครเวฟในดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้ง

จุฑามาศ พิลาดี บริพันธ์ ทวีแก้วจันทร์ วัชรภรณ์ สุขชี จิระนันท์ ตาคำ บุญตัน สุเทพ และสุรีย์ชล วงศ์ประสิทธิ์..... 133-143

การศึกษาห่วงโซ่ปศุสัตว์ในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ตอนบนของประเทศไทย

จวีรรณ จันทรงค์ ณปภัช ช่วยชูหนู และบัณฑิตา ผู้ทรัพย์มี โปณะทอง..... 144-158

การพัฒนาแบบการเลี้ยงแพะพื้นเมืองแบบประณีตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสำหรับเยาวชนกลุ่มเปราะบางในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้

ยะโก๊ะ ชาเริ่มดาเบะ ซูโฮมิน เจ๊ะมะลี และนิรมล จันทรชาติ..... 159-173

การลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหอนแมลงวันลายจากระบบการจัดการขยะอาหาร ภายใต้โลก หอนง นา โมเดล จังหวัดนครพนม

พัชญาพัทธ์ กิณเรศ พรพิมล ควรรณสุ และธิดารัตน์ ประพัฒน์พงษ์..... 174-186

การเพิ่มมูลค่าเชิงข้าวโพดด้วยการทำปุ๋ยหมักเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับชุมชนตำบลบ้านคำ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

เยาวทิรา นามคุณ พัฒนา กายาไชย รจเรจ นันตา สุจิตรา ปันดี และเกศนีย์ อ้นอ้าย..... 187-200

การวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณมลพิษทางอากาศจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม

และแบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

ศรียา โด ของเรา..... 201-211

ประเมินผลของขนาดแม่กุ้งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำต่ออัตราการเสียชีวิตของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี (*Panulirus ornatus*)

และอิทธิพลของแสงและช่วงเวลาการให้อาหารต่อลูกกุ้งระยะ Phyllosoma

รุ่งทิพา คนสันดี และวาสนา อากรรัตน์..... 212-225

ผลของวิธีการการอบแห้งแบบลมร้อนต่อคุณภาพของน้ำพริกเห็ดกระด้าง

อริสรา ไทธัญญา จุฑามาศ กองพา และกุลวดี แก้วกำ..... 226-241

การเพิ่มศักยภาพของโปรตีนแข็งที่ผลิตด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

และการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนและโรคเบาหวานชนิดที่ 2

จันทร์จิรา วันชนะ สุมิตร เข้มชัยตระกูล กาญจนา นาคประสม ปกักร ส่างสวัสดิ์ และศรัญญา สุวรรณอักษร..... 242-253

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมกรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง อำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์

ธานินทร์ ภูติโส ศุภชัย สุทธิเจริญ และอรวรรณ ศรีโสมพันธ์..... 254-270

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรของนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ชงศักดิ์ ณ ลำพูน จักรพงษ์ พวงงามชื่น นกเรศ รังควัต และพุดิสระศรี เครือคำ..... 271-285

AGRI RESEARCH JOURNAL

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

ที่ปรึกษา อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยจรัส เตชะตันนินสกุล)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ
รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย
รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริหาร

บรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

รองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญูภาส สังพาลี

บรรณาธิการผู้ช่วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหมฮึก

อาจารย์ ดร.จุฑามาศ อางนาเสียว

กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สาวิตรี	ลี้มทอง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.ดอกรัก	มารอด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์	ณ นคร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา	เรืองแสง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย	เงินแสงสรวย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย	ทองดีเลิศ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.ศกร	คุณวุฒิจูฑิธรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย	ดวงจินดา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.ศักรินทร์	นนทพจน์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.บุญมี	ศิริ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.พงศกร	ศุภกิจไพศาล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์	อินทร์คัมพร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ	สุทธิประพันธ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์	เชื้อชวด ชัยสิทธิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร.จรัณธร	บุญญาภาพ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร.นริศ	ท้าวจันทร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
	ศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ	ตันโซ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.ทิฆา	โยธาทักดี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์	สาครวาลี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์	พวงงามชื่น	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร	อมรเลิศพิศาล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.จงกล	พรมยะ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา	นาคประสม	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์วัลย์	เมฆกมล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนุช	นิยมทรัพย์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ฝ่ายตรวจสอบพิสูจน์อักษรและปรับแก้ภาษา นางทิพย์สุตา ปุกมณี ดร.จันทร์เพ็ญ สระ

ฝ่ายจัดทำวารสาร นางสาวรัฐธนา ชยัน นางสาวอัมภา สันทราย
นายเกียรติศักดิ์ ทาสุน

จัดทำโดย กองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์ 0-5387-3411 E-mail: Mju_journal@maejo.mju.ac.th
Web site: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารทางวิชาการของสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการด้านการเกษตร อาหาร สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนนวัตกรรมด้านการเกษตร และส่งเสริมการเกษตร โดยวารสารเผยแพร่ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ ISSN 2985-0118 (Online) เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ บทความที่ส่งมาจะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) อย่างน้อย 3 ท่าน

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ปีที่ 43 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2569) นี้ เป็นฉบับแรกของปี 2569 และนับเป็นก้าวที่สำคัญของวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตรอีกปี ที่ยังคงเนื้อหาของผลงานวิจัยที่เข้มข้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการผลิตพืช การผลิตสัตว์ รวมถึงด้านสิ่งแวดล้อมที่จะเป็นองค์ประกอบสำคัญในการผลิตและแปรรูปอาหาร ท่ามกลางวิกฤตของสงครามตะวันออกกลาง ที่เริ่มตั้งแต่ต้นปีเกิดผลกระทบด้านพลังงานอย่างหนัก ซึ่งแน่นอนว่าส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ตลอดจนความขัดแย้งของประเทศเพื่อนบ้านที่ส่งผลกระทบต่อส่งออกและนำเข้าของวัตถุดิบด้านการเกษตร ส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตเกษตรไทย โดยเฉพาะ ปุ๋ยเคมี และวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่มีราคาสูงขึ้นจากวิกฤตพลังงานและห่วงโซ่อุปทานหยุดชะงัก ทางวารสารฯ ขอส่งกำลังใจให้เกษตรกรไทยทุกคนผ่านพ้นอุปสรรคต่าง ๆ นานา โดยขอให้มีความเข้มแข็ง ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างเต็มที่ และประสบความสำเร็จในการทำเกษตรครับ

วารสารวิจัยฯ ฉบับนี้ มีบทความวิจัยที่น่าสนใจที่หลากหลาย พร้อมรองรับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจเพื่อการพึ่งพาตนเอง ท่ามกลางวิกฤตของสงคราม อาทิ การพัฒนารูปแบบการเลี้ยงแพะพื้นเมืองแบบประณีตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหนอนแมลงวันลายจากระบบการจัดการขยะอาหาร ประเมินผลของขนาดแม่กึ่งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำต่ออัตราการไข่ไข่ทิ้งของแม่กึ่งมังกรเจ็ดสี (*Panulirus ornatus*) และอิทธิพลของแสงและช่วงเวลาการให้อาหารต่อลูกกึ่งระยะ *Phyllosoma* ผลของวิธีการการอบแห้งแบบลมร้อนต่อคุณภาพของน้ำพริกหีตกระต่าง การเพิ่มศักยภาพของโปรตีนจิ้งหรีดด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนและโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ตลอดจนถึงงานวิจัยอื่น ๆ ทางด้านสิ่งแวดล้อมและป่าไม้ซึ่งถือได้ว่าเป็นต้นทางการผลิตในหลากหลายเรื่องในฉบับนี้ครับ แล้วพบกันใหม่ในฉบับที่ 2 เดือน พฤษภาคม – สิงหาคม ครับ



รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

บรรณาธิการวารสารวิจัยฯ

อิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแคนนาบิไดโอดอล
ของกัญชงสายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ในแปลงกลางแจ้ง
Effect of Plant Spacing on Growth, Yield, and Cannabidiol Content
of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cultivars EHFGP#1, EHFGP#3, and EHFGP#8
Grown under Outdoor Conditions

วัชรินทร์ จันทวรรณ^{1,2,*} อรพินธุ์ สฤษดิ์น้ำ¹ ระวี คณเดชาบริรักษ์¹ เสกสรร สงจันทิก² และวินัย วิริยะอลงกรณ์¹

Watcharin Jantawan^{1,2,*}, Orapin Saritnum¹, Ravee Ganeshaborirak¹

Seksan Songchainthuek² and Winai Wiriya-Alongkorn¹

¹คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jantawan16@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0001-2632-6709>

Received: June 29, 2025

Revised: November 12, 2025

Accepted: November 24, 2025

Abstract

Since the legalization of the cultivation, utilization, and research of hemp and cannabis plants in Thailand in 2022, commercial cultivation of these crops has significantly increased. However, such enterprises have experienced varying outcomes, including both successful ventures and substantial financial losses, mainly due to insufficient knowledge, especially regarding optimal plant spacing and appropriate varieties for open-field cultivation. This study was conducted at the Hemp Research and Development Center, Maejo University Chiang Mai, Thailand. The experiment followed a 3x3 factorial arrangement in a randomized complete block design (RCBD), with factor 1 being plant spacing (1x1 m, 2x1 m, and 2x2 m), and factor 2 being hemp variety (EHFGP#1, EHFGP#3, and EHFGP#8). The results showed that plant spacing had a significant effect on plant height, plant canopy diameter, number of nodes per plant, number of branches per plant, inflorescence size, fresh flower yield per plant, dry flower yield per plant, and dry flower yield per rai (1,600 m²). Interaction effects indicated that the EHFGP#3 variety, when planted at 1x1 m spacing, had the highest average plant height at 238.38 cm. EHFGP#1, when planted at 2x1 m and 2x2 m spacing, produced the highest number of nodes and branches per plant, with statistically significant differences. Inflorescence size varied with both variety and plant spacing. A 2x2 m spacing resulted in the largest inflorescence size for EHFGP#3 and

EHFGP#8, while a 2x1 m spacing produced the largest inflorescence size for EHFGP#1. In terms of cannabidiol (CBD) content, cultivar was a highly significant factor. Cultivars EHFGP#1 and EHFGP#3 exhibited the highest CBD concentrations, ranging from 11.76–12.93% and 11.79–13.10%, respectively. The interaction between cultivar and plant spacing was significant; however, plant spacing alone had no effect on CBD content.

Keywords: plant spacing, hemp, cannabidiol, factor, variety

บทคัดย่อ

ตั้งแต่ประเทศไทยมีการอนุญาตให้ปลูก ใช้ และ ศึกษาพืชในกลุ่มกัญชงและกัญชาอย่างถูกต้องตามกฎหมายในปี พ.ศ. 2565 เป็นต้นมา พบว่ามีการปลูกพืชดังกล่าวในเชิงพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การดำเนินธุรกิจดังกล่าวมีทั้งที่ประสบความสำเร็จและที่ประสบปัญหาขาดทุนเป็นจำนวนมาก เนื่องจากขาดองค์ความรู้โดยเฉพาะเรื่องระยะปลูกที่เหมาะสม และ สายพันธุ์ที่ใช้ปลูกในสภาพแปลงปลูกกลางแจ้ง งานวิจัยนี้ ดำเนินการ ณ ศูนย์ทดสอบ วิจัยและพัฒนา กัญชง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in randomized complete block design ดังนี้ ปัจจัยที่ 1 ระยะปลูก 3 ระยะ คือ 1x1, 2x1 และ 2x2 เมตร ปัจจัยที่ 2 สายพันธุ์กัญชง 3 สายพันธุ์ คือ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 พบว่า ระยะปลูกมีผลต่อความสูงของต้น ความกว้างของต้น จำนวนข้อปล้องต่อต้น ขนาดของช่อดอก น้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้น น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น และน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อไร่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ อิทธิพลร่วมพบว่า สายพันธุ์ EHFGP#3 ที่ปลูกในระยะ 1x1 เมตร มีความสูงเฉลี่ยของต้นสูงที่สุด คือ 238.38 เซนติเมตร ส่วนสายพันธุ์ EHFGP#1 ที่ปลูกระยะ 2x1 และ 2x2 เมตร ทำให้มีจำนวนข้อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น มากที่สุด โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ขณะที่ขนาดช่อดอกมีความแปรปรวนของสายพันธุ์กับระยะปลูก คือ ระยะปลูก 2x2 เมตร ทำให้

สายพันธุ์ EHFGP#3 และ EHFGP#8 มีขนาดช่อดอกใหญ่ที่สุด ส่วนระยะปลูก 2x1 เมตร กลับทำให้ช่อดอกของสายพันธุ์ EHFGP#1 มีขนาดช่อดอกใหญ่ที่สุด ด้านของผลผลิตพบว่า สายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อต้นมากที่สุด ขณะที่น้ำหนักแห้งต่อไร่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม มีแนวโน้มว่า EHFGP#3 ที่ปลูกในระยะ 1x1 เมตร ให้น้ำหนักแห้งต่อไร่เฉลี่ยมากที่สุด ด้านปริมาณสารแคนนาบินอยด์ สายพันธุ์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 มีปริมาณสารสูงที่สุดอยู่ในช่วง 11.76–12.93% และ 11.79–13.10% ตามลำดับ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์กับระยะปลูกมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ แต่ระยะปลูกไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณสารแคนนาบินอยด์

คำสำคัญ: ระยะปลูก กัญชง สารแคนนาบินอยด์ ปัจจัยการผลิต สายพันธุ์

บทนำ

กัญชง (Hemp) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Cannabis sativa* L. subsp. *sativa* จัดอยู่ในพืชสกุลแคนนาบิส (*Cannabis*) เช่นเดียวกับกัญชา (*Marijuana: Cannabis indica*) กัญชงเป็นพืชที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยมีการศึกษาและพัฒนาในระดับสากลเพื่อใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ทั้งทางการแพทย์และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะสารสำคัญกลุ่มแคนนาบินอยด์ (Cannabinoid)

เช่น สารแคนนาบิไดโอด หรือ ซีบีดี (Cannabidiol: CBD) สารแคนนาบิเจอร์อล หรือ ซีบีจี (Cannabigerol: CBG) ที่มีฤทธิ์ด้านการอักเสบและคลายความเครียด (Yadav *et al.*, 2023) ในประเทศไทยพบข้อมูลการใช้สารแคนนาบิไดโอดทางการแพทย์ในเอกสารคำแนะนำการใช้กัญชาทางการแพทย์ Guidance on Cannabis for Medical Use (Department of Medical Services (Thailand), 2024) กัญชงและกัญชาได้รับความสนใจอย่างมากหลังจากที่ประเทศไทยได้อนุญาตให้มีการปลูกพืชทั้งสองชนิดนี้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย (Ministry of Public Health (Thailand), 2022) ซึ่งสอดคล้องกับแผนการพัฒนาอุตสาหกรรมกัญชงในเชิงพาณิชย์และทางการแพทย์เพื่อเป้าหมายในการเป็นศูนย์กลางพืชกัญชงในภูมิภาคอาเซียน (Industrial Hemp Hub of ASEAN) (Office of Industrial Economics, 2022)

แม้ว่าจะมีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพืชกัญชงในเชิงพาณิชย์และทางการแพทย์ (Duangdamrong *et al.*, 2022; O'Brien and Blair, 2021) แต่ข้อมูลการศึกษาที่ชัดเจนเกี่ยวกับระยะปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสายพันธุ์กัญชงที่มีปริมาณ CBD สูง ภายใต้สภาพแวดล้อมของประเทศไทย ตลอดจนการศึกษาศาสตร์ CBD ที่มีคุณภาพยังคงมีข้อจำกัด และมีข้อมูลงานวิจัยอยู่เพียงเล็กน้อย เนื่องจากที่ผ่านมาประเทศไทยมีการปลูกกัญชงเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านเส้นใยเป็นหลัก Pinmanee *et al.* (2013) รายงานว่ากัญชงพันธุ์เส้นใยที่มีความเหมาะสม ได้แก่ RPF1, RPF2, RPF3 และ RPF4 ส่วนระยะปลูกที่ทำการทดสอบประกอบด้วย 3 ระยะ คือ 15x20 และ 5x40 เซนติเมตร โดยปลูกเป็นแถวคู่ และ 5x40 เซนติเมตร โดยปลูกเป็น 3 แถว ผลของระยะปลูกต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตเส้นใยยังมีความแตกต่างและความแปรปรวนอยู่ในแต่ละพื้นที่ ควรมีการทดสอบซ้ำ จากคู่มือการปลูกเฮมพ์เพื่อผลิตเส้นใยภายใต้ระบบควบคุม Yanaphan (2016) ระบุว่า การปลูกกัญชงเพื่อผลิตเส้นใยที่เหมาะสม คือ การปลูก

เป็นแถว โดยมีระยะห่างระหว่างแถว 15–20 เซนติเมตร Yanaphan *et al.* (2023) รายงานว่า พันธุ์กัญชงที่มีศักยภาพในการผลิตเส้นใย ได้แก่ พันธุ์ RPF5, RPF7 และ RPF8 โดยแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ในการปลูกกัญชงให้ได้ช่อดอกที่มีคุณภาพเพื่อการสกัดสารแคนนาบิไดโอดสำหรับการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์หรือในระดับอุตสาหกรรมในประเทศไทย มีข้อมูลค่อนข้างจำกัด ทั้งระยะปลูก สายพันธุ์ และวิธีการต่าง ๆ

ในการศึกษานี้ ได้ทำการศึกษาใน สายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ซึ่งเป็นสายพันธุ์นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา มีข้อมูลปริมาณสารแคนนาบิไดโอดของสายพันธุ์ EHFGP#1 เท่ากับ 19.86% EHFGP#3 เท่ากับ 16.90% และ EHFGP#8 เท่ากับ 16.88% และมีปริมาณสารเตตระไฮโดรแคนนาบินอล หรือ ทีเอชซี (Tetrahydrocannabinol: THC) ในระดับต่ำ คือ สายพันธุ์ EHFGP#1 เท่ากับ 0.74% EHFGP#3 เท่ากับ 0.68% และ EHFGP#8 เท่ากับ 0.78% โดยทั้งสามสายพันธุ์ดังกล่าว ได้มีการขออนุญาตจำหน่ายอย่างถูกต้องตามกฎหมาย มีเอกสารการรับรองคุณภาพสายพันธุ์ Certificate of Analysis (COA) รวมถึงมีการขอรับรองพันธุ์พืชขึ้นทะเบียน (Department of Agriculture (Thailand), 2022) แต่เมื่อมีการทดสอบการปลูกภายในประเทศไทยปริมาณสารแคนนาบิไดโอดอาจมีความแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย และประเด็นด้านระยะปลูกควรทำการศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากระยะปลูกส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของต้นกัญชงและคุณภาพผลผลิต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาระยะปลูกและสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อผลการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแคนนาบิไดโอด หรือ ซีบีดี (Cannabidiol: CBD) ในสภาพแปลงกลางแจ้ง เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตกัญชงเชิงพาณิชย์ของประเทศไทยให้มีความยั่งยืนในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกกัญชงเพื่อทดสอบระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแคนนาบินอยด์ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์ทดสอบ วิจัยและพัฒนา กัญชง สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

การเตรียมต้นกัญชงสำหรับการทดลอง ทำการปลูกต้นกัญชงในถุงปลูกขนาด 60 ลิตร โดยใช้วัสดุปลูกเป็นกาบมะพร้าวสับขนาดกลางและขุยมะพร้าวละเอียดอัตราส่วน 1:1 โดยให้น้ำระบบน้ำหยดพร้อมกับสารละลายธาตุอาหารวันละ 1 ครั้ง ๆ ละ 10 ลิตรต่อต้น โดยทั้งนี้มีการปรับเพิ่มรอบการให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารตามการเจริญเติบโตของต้นกัญชงอย่างละ 2 ครั้ง ต่อวัน ครั้งละ 20 ลิตรต่อต้น

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in Randomized Complete Block Design โดยปัจจัย A คือ ระยะปลูก ได้แก่ ระยะ 1x1, 2x1 และ 2x2 เมตร ปัจจัย B คือ สายพันธุ์กัญชง ได้แก่ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ทั้งหมด 9 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น รวมทั้งสิ้น 450 ต้น

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ที่อายุ 90 วันหลังปลูก ดังนี้ 1) ความสูงของต้น สุ่มวัดความสูงของต้นจากระดับ ฤกษ์ปลูกถึงปลายยอดที่สูงที่สุด 2) ความกว้างของทรงพุ่ม วัดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มจากปลายใบด้านหนึ่งไปยังปลายใบอีกด้านหนึ่งตรงบริเวณทรงพุ่มที่กว้างที่สุด 3) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ความสูง 10 เซนติเมตร จากระดับวัสดุปลูก 4) จำนวนข้อปล้องต่อต้น นับจำนวนข้อปล้อง (nodes) ของแต่ละต้น โดยนับจากโคนต้นขึ้นไปจนถึงข้อสุดท้าย 5) จำนวนกิ่งต่อต้น นับจำนวนกิ่ง (branches) ของแต่ละต้น โดยนับจากกิ่งที่แตกออกจากลำต้นหลักทั้งหมด

เก็บข้อมูลขนาดของช่อดอก ที่อายุ 100 วันหลังปลูก (หลังจากเข้าสู่ระยะพัฒนาด้านดอกประมาณ 40 วัน ซึ่งช่อดอกมีการพัฒนามากกว่า 70%) โดยวัดขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกกัญชงในบริเวณที่กว้างที่สุด โดยสุ่มวัดค่าเฉลี่ยจาก 3 ตำแหน่งบนต้น ได้แก่ ส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนล่างของต้นกัญชง ตำแหน่งละ 5 ช่อดอก

เก็บข้อมูลผลผลิตที่อายุ 120 วันหลังปลูก (หลังจากเข้าสู่ระยะพัฒนาด้านดอกประมาณ 60 วัน และมีไตรโคมเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอำพัน) ดังนี้ 1) น้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้น ทำการเก็บเกี่ยวช่อดอกสด ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตดอกสดต่อต้น 2) น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น ทำการลดความชื้นช่อดอกสดโดยการอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (heat pump food dehydrator) เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จนความชื้นลดลงต่ำกว่า 10% ชั่งน้ำหนักและคำนวณหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้น 3) น้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อไร่ คำนวณจากน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้นของแต่ละระยะปลูก ในพื้นที่ปลูก 1 ไร่

วิเคราะห์ปริมาณสารแคนนาบินอยด์ หรือ ซีบีดี (Cannabidiol: CBD) ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น 1260 Infinity II ประเทศผู้ผลิตสหรัฐอเมริกา

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การปลูกกัญชงในสภาพแปลงปลูกกลางแจ้งที่ระยะปลูก 1x1, 2x1 และ 2x2 เมตร และจำนวน 3 สายพันธุ์ คือ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 พบว่ามีการเจริญเติบโต และคุณภาพของผลผลิตดังนี้

ความสูงของต้น

ปัจจัยด้านระยะปลูก ปัจจัยด้านสายพันธุ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์มีอิทธิพล

ต่อความสูงของต้นกัญชงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อพิจารณาที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#3 มีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 238.38 เซนติเมตร รองลงมาคือ EHFGP#1 เท่ากับ 211.60 เซนติเมตร และ EHFGP#8 เท่ากับ 200.86 เซนติเมตร ที่ระยะปลูก 2x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 214.00 เซนติเมตร รองลงมาคือ EHFGP#3 เท่ากับ 213.26 เซนติเมตร และ EHFGP#8 เท่ากับ 197.18 เซนติเมตร ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#3 มีความสูงมากที่สุด เท่ากับ 201.72 เซนติเมตร รองลงมาคือ EHFGP#1 เท่ากับ 190.84 เซนติเมตร และ EHFGP#8 เท่ากับ 182.34 เซนติเมตร ซึ่งสายพันธุ์ EHFGP#3 ที่ปลูกระยะ 1x1 เมตร มีความสูงมากที่สุด ขณะที่สายพันธุ์ EHFGP#8 ที่ปลูกระยะ 2x2 เมตร มีความสูงน้อยที่สุด (Table 1) สอดคล้องกับการรายงานของ Darby *et al.* (2020) พบว่าระยะห่างระหว่างต้นกัญชงมีผลต่อความสูงของต้น คือ ระยะที่ชิดกว่าที่ 1x1 และ 3x3 ฟุต มีความสูงเฉลี่ยของต้นกัญชงมากกว่าระยะที่ห่างกว่าที่ 5x5 ฟุต โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) ขณะเดียวกัน Visković *et al.* (2023) รายงานว่าการปลูกกัญชงแบบหนาแน่นจะกระตุ้นให้กัญชงมีความสูงเพิ่มขึ้น เนื่องจากการยืดตัวของลำต้นในสภาพที่มีการแข่งขันเพื่อเพิ่มโอกาสในการรับแสง การปลูกระยะชิดหรือความหนาแน่นสูงจึงมักใช้สำหรับการปลูกกัญชงเพื่อผลิตเส้นใย

ความกว้างของทรงพุ่ม

ปัจจัยด้านระยะปลูกและปัจจัยด้านสายพันธุ์ มีอิทธิพลต่อความกว้างของทรงพุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#8 มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 159.36 เซนติเมตร รองลงมาคือ สายพันธุ์ EHFGP#3

เท่ากับ 150.76 เซนติเมตร และสายพันธุ์ EHFGP#1 เท่ากับ 145.58 เซนติเมตร ที่ระยะปลูก 2x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#3 และ EHFGP#8 มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยใกล้เคียงกัน เท่ากับ 166.92 และ 162.18 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ EHFGP#1 มีความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุดคือ 150.52 เซนติเมตร ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#3 และ EHFGP#8 มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยใกล้เคียงกัน เท่ากับ 156.54 และ 152.38 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ EHFGP#1 มีความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุดคือ 158.58 เซนติเมตร (Table 1) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์พบว่า ปัจจัยระยะปลูกและสายพันธุ์ไม่ส่งผลกระทบต่อความกว้างของทรงพุ่ม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรมของแต่ละสายพันธุ์ ส่งผลให้แม้จะปลูกในระยะที่แตกต่างกัน แต่ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของทรงพุ่มยังคงแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Darby *et al.* (2022) ที่ศึกษาพันธุ์หลายสายพันธุ์ในระบบปลูกกลางแจ้งและพบว่าสายพันธุ์มีอิทธิพลต่อความกว้างของต้นอย่างมีนัยสำคัญ

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ปัจจัยด้านระยะปลูกและปัจจัยด้านสายพันธุ์ ไม่มีอิทธิพลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น แต่เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ พบว่าส่งผลกระทบต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ สายพันธุ์ EHFGP#1 ที่ปลูกระยะ 2x2 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใหญ่ที่สุดเท่ากับ 32.61 มิลลิเมตร ส่วนสายพันธุ์ EHFGP#3 และ EHFGP#8 ที่ปลูกระยะ 2x2 เมตร รวมถึงสายพันธุ์ EHFGP#8 ที่ปลูกระยะ 2x1 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเล็กที่สุดเท่ากับ 30.12, 30.18 และ 30.21 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Effect of plant spacing on plant height (cm), plant canopy diameter (cm) and stem diameter (mm) of hemp varieties EHFGP#1, EHFGP#3 and EHFGP#8

Plant spacing (mxm)	Varieties	Plant height (cm)	Plant canopy diameter (cm)	Stem diameter (mm)
1x1	EHFGP#1	211.06±4.76b	145.58±6.26	30.56±1.41ab
	EHFGP#3	238.38±8.98a	150.76±1.85	31.77±1.86ab
	EHFGP#8	200.86±11.10bc	159.36±7.38	31.98±2.48ab
2x1	EHFGP#1	214.00±13.68b	150.52±5.33	31.31±1.42ab
	EHFGP#3	213.26±6.91b	166.92±7.16	31.62±1.21ab
	EHFGP#8	197.18±9.04bcd	162.18±10.50	30.21±1.03b
2x2	EHFGP#1	190.84±9.95cd	138.58±8.10	32.61±2.81a
	EHFGP#3	201.72±5.93bc	156.54±4.87	30.12±1.33b
	EHFGP#8	182.34±6.23d	152.38±7.83	30.18±0.87b
Plant spacing (A)		**	**	ns
Varieties (B)		**	**	ns
A x B		**	ns	*
CV (%)		4.63	4.64	5.12

ns = non-significant, ** = indicates a highly significant difference ($p \leq 0.01$). Means followed by the same letter within the same column are not significantly different according to the Duncan's Multiple Range test (DMRT) at $p \leq 0.05$.

จำนวนข้อปล้องต่อต้น

ปัจจัยด้านระยะปลูก ปัจจัยด้านสายพันธุ์ และ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ มีอิทธิพลต่อจำนวนข้อปล้องต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร สายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 มีจำนวนข้อปล้องเฉลี่ย เท่ากับ 4.20 ข้อต่อต้น ขณะที่ EHFGP#8 มีจำนวนข้อปล้องเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 4.00 ข้อต่อต้น ที่ระยะปลูก 2x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีจำนวนข้อปล้องมากที่สุดเท่ากับ 6.00 ข้อต่อต้น ในขณะที่ EHFGP#3 และ EHFGP#8 มีจำนวนข้อปล้องเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 4.00 ข้อต่อต้น ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร สายพันธุ์ EHFGP#1 มีจำนวนข้อปล้องมากที่สุดเท่ากับ 6.00 ข้อต่อต้น สายพันธุ์ EHFGP#3 เท่ากับ 5.80 ข้อต่อต้น และสายพันธุ์ EHFGP#8 มีจำนวนข้อปล้อง

5.40 ข้อต่อต้น ปัจจัยด้านสายพันธุ์ สายพันธุ์ EHFGP#1 มีจำนวนข้อปล้องต่อต้นสูงที่สุดในทุกระยะปลูก โดยเฉพาะเมื่อปลูกที่ระยะ 2x1 และ 2x2 เมตร ขณะที่ EHFGP#8 มีจำนวนข้อปล้องเฉลี่ยน้อยที่สุดในระยะปลูกแคบ คือ 1x1 และ 2x1 เมตร แต่มีจำนวนข้อปล้องเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกที่ระยะ 2x2 เมตร เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 ที่ปลูกที่ระยะ 2x1 และ 2x2 เมตร มีจำนวนข้อปล้องต่อต้นมากที่สุด คือ 6.00 ข้อต่อต้น ขณะที่สายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ที่ปลูกระยะ 1x1 เมตร และสายพันธุ์ EHFGP#3 และ EHFGP#8 ที่ระยะปลูก 2x1 เมตร มีจำนวนข้อปล้องน้อยที่สุด คือ 4.00 ข้อต่อต้น แสดงให้เห็นว่าระยะปลูกที่เหมาะสมส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้อปล้องกัญชงแต่ละสายพันธุ์ (Table 2)

จำนวนกิ่งต่อต้น

ปัจจัยด้านระยะปลูก ปัจจัยด้านสายพันธุ์ และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ มีอิทธิพล ต่อจำนวนกิ่งต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าจำนวนกิ่งต่อต้นเฉลี่ยมีค่า ต่ำที่สุดในทุกสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 มีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 4.20, 4.20 และ 4.00 กิ่ง ตามลำดับ ที่ระยะปลูก 2x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีจำนวนกิ่งต่อต้นเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 11.80 กิ่ง สายพันธุ์ EHFGP#3 และ EHFGP#8 มีจำนวนกิ่ง ต่อต้นเฉลี่ย 8.00 กิ่ง เท่ากันทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร สายพันธุ์ EHFGP#1 มีจำนวนกิ่งต่อต้นเฉลี่ย สูงที่สุดเท่ากับ 12.00 กิ่ง รองลงมาคือ สายพันธุ์ EHFGP#3 เท่ากับ 11.60 กิ่ง และ EHFGP#8 มีจำนวนกิ่ง ต่อต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 10.80 กิ่ง ปัจจัยด้านสายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีจำนวนกิ่งต่อต้น เฉลี่ยสูงที่สุด โดยเฉพาะเมื่อปลูกที่ระยะปลูกกว้าง (2x1 และ 2x2 เมตร) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูก และสายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 ปลูกที่ระยะ 2x2 และ 2x1 เมตร มีจำนวนกิ่งต่อต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 12.00 และ 11.80 กิ่ง ตามลำดับ (Table 2) แสดงให้เห็น ว่าระยะปลูกที่มีความกว้างมากขึ้นส่งผลต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของจำนวนกิ่งของกัญชงแต่ละสายพันธุ์

ขนาดของช่อดอก

ปัจจัยด้านระยะปลูก มีอิทธิพลต่อขนาดของ ช่อดอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และมีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่าง ระยะปลูกและสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#3 มีขนาดของช่อดอกใหญ่ที่สุด เท่ากับ 38.56 มิลลิเมตร รองลงมาคือ EHFGP#8 เท่ากับ 36.06 มิลลิเมตร และ EHFGP#1 เท่ากับ 35.05 มิลลิเมตร ที่ระยะปลูก 2x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีขนาดของช่อดอกใหญ่ ที่สุด เท่ากับ 39.33 มิลลิเมตร รองลงมาคือ EHFGP#8 เท่ากับ 38.48 มิลลิเมตร และ EHFGP#3 เท่ากับ 6.49 มิลลิเมตร ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#8 มีขนาดของช่อดอกใหญ่ที่สุด เท่ากับ 41.39 มิลลิเมตร รองลงมาคือ EHFGP#3 เท่ากับ 39.38 มิลลิเมตร และ EHFGP#1 เท่ากับ 38.34 มิลลิเมตร เมื่อ พิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยของระยะปลูกและ สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 ที่ปลูกระยะ 2x1 เมตร และสายพันธุ์ EHFGP#3 และ EHFGP#8 ที่ปลูกระยะ 2x2 เมตร ส่งผลให้มีขนาดของช่อดอกใหญ่ที่สุด 39.33, 39.38 และ 41.39 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 2) ส่วน ปัจจัยด้านสายพันธุ์ไม่ส่งผลต่อขนาดของช่อดอกกัญชง (Figure 1)



Figure 1 Inflorescence of hemp varieties; (A, D) EHFGP#1, (B, E) EHFGP#3 and (C, F) EHFGP#8

Table 2 Effect of plant spacing on number of node per plant, number of branches per plant and inflorescence size (mm) of hemp varieties EHFGP#1, EHFGP#3 and EHFGP#8

Plant spacing (m x m)	Varieties	Number of node per plant	Number of Branches per plant	inflorescence size (mm)
1x1	EHFGP#1	4.20±0.42c	6.60±0.52d	35.05±2.11d
	EHFGP#3	4.20±0.42c	6.00±0.00d	38.56±0.61abc
	EHFGP#8	4.00±0.00c	6.20±0.42d	36.06±2.29bcd
2x1	EHFGP#1	6.00±0.00a	11.80±0.42a	39.33±0.99a
	EHFGP#3	4.00±0.00c	8.00±0.00c	36.49±1.54bcd
	EHFGP#8	4.00±0.00c	8.00±0.00c	38.48±10.8abc
2x2	EHFGP#1	6.00±0.00a	12.00±0.00a	38.34±3.44abc
	EHFGP#3	5.80±0.42ab	11.60±0.84ab	39.38±1.65a
	EHFGP#8	5.40±0.52b	10.80±1.03b	41.39±0.99a
Plant spacing (A)		**	**	**
Varieties (B)		**	**	ns
A x B		**	**	**
CV (%)		6.75	5.82	4.17

ns = non-significant, ** = indicates a highly significant difference ($p \leq 0.01$). Means followed by the same letter within the same column are not significantly different according to the Duncan's Multiple Range test (DMRT) at $p \leq 0.05$.

น้ำหนักรวมผลผลิตดอกสดต่อต้น

ปัจจัยด้านระยะปลูกและปัจจัยด้านสายพันธุ์มีอิทธิพลต่อน้ำหนักรวมผลผลิตดอกสดต่อต้นของต้นกัญชงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#3 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกสดต่อต้นสูงที่สุด เท่ากับ 2.15 กิโลกรัม รองลงมาคือ EHFGP#1 เท่ากับ 1.96 กิโลกรัม และ EHFGP#8 เท่ากับ 1.84 กิโลกรัม ที่ระยะปลูก 2x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกสดต่อต้นสูงที่สุด เท่ากับ 2.77 กิโลกรัม รองลงมาคือ EHFGP#3 เท่ากับ 2.06 กิโลกรัม และ EHFGP#8 เท่ากับ 1.71 กิโลกรัม และที่ระยะปลูก 2x2 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีน้ำหนักรวม

ผลผลิตดอกสดต่อต้นสูงที่สุด เท่ากับ 3.99 กิโลกรัม รองลงมาคือ EHFGP#3 เท่ากับ 3.67 กิโลกรัม และ EHFGP#8 เท่ากับ 2.27 กิโลกรัม ด้านสายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกสดต่อต้นสูงกว่าสายพันธุ์ EHFGP#8 ในทุกระยะปลูก ส่วนปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์มีอิทธิพลต่อน้ำหนักรวมผลผลิตดอกสดต่อต้นของต้นกัญชงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 ที่ปลูกในระยะ 2x2 เมตร มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกสดต่อต้นมากที่สุด คือ 3.99 และ 3.67 กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 3)

น้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อต้น

ปัจจัยด้านระยะปลูก และปัจจัยด้านสายพันธุ์ มีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้นของต้นกัญชง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#3 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อต้นสูงที่สุด เท่ากับ 0.49 กิโลกรัม รองลงมาคือ EHFGP#1 เท่ากับ 0.41 กิโลกรัม และ EHFGP#8 เท่ากับ 0.39 กิโลกรัม ที่ระยะปลูก 2x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อต้นสูงที่สุด เท่ากับ 0.62 กิโลกรัม รองลงมาคือ EHFGP#3 เท่ากับ 0.48 กิโลกรัม และ EHFGP#8 เท่ากับ 0.41 กิโลกรัม และที่ระยะปลูก 2x2 เมตร พบว่าเป็นระยะปลูกที่มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อต้นสูงที่สุดในทุกระยะปลูกที่ทำการทดลอง ดังนี้ สายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อต้นสูงที่สุด เท่ากับ 0.92 กิโลกรัม เท่ากันทั้งสองสายพันธุ์ รองลงมาคือ EHFGP#8 เท่ากับ 0.55 กิโลกรัม ปัจจัยด้านสายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อต้นสูงกว่าสายพันธุ์ EHFGP#8 ในทุกระยะปลูก ส่วนปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ มีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้นของต้นกัญชง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 ที่ปลูกในระยะ 2x2 เมตร มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อต้นมากที่สุด คือ 0.92 กิโลกรัม (Table 3) ปัจจัยด้านระยะปลูกที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อต้นของต้นกัญชงสอดคล้องกับ Linder *et al.* (2022) ที่รายงานว่า ระยะห่างระหว่างต้นที่มากขึ้น ส่งผลให้มีผลผลิตช่อดอกกัญชงแห้งต่อต้นสูงที่สุด รวมถึงรายงานการวิจัยฮอฟฟิงเป็นพืชในวงศ์เดียวกันกับกัญชงของ Koren (2007) พบว่าเมื่อระยะปลูกระหว่างต้นเพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักผลผลิตช่อดอกกัญชงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ลดการแข่งขันระหว่างต้นในระบบปลูกที่มีพื้นที่จำกัด

น้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อไร่

ปัจจัยด้านระยะปลูกมีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร พบว่าเป็นระยะปลูกที่มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อไร่สูงที่สุดในทุกระยะปลูก ดังนี้ สายพันธุ์ EHFGP#3 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 787.20 กิโลกรัม รองลงมาคือ EHFGP#1 เท่ากับ 659.20 กิโลกรัม และ EHFGP#8 เท่ากับ 627.20 กิโลกรัม ที่ระยะปลูก 2x1 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 496.00 กิโลกรัม รองลงมาคือ EHFGP#3 เท่ากับ 387.20 กิโลกรัม และ EHFGP#8 เท่ากับ 329.60 กิโลกรัม และที่ระยะปลูก 2x2 เมตร พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 369.60 กิโลกรัม เท่ากันทั้งสองสายพันธุ์ รองลงมาคือ EHFGP#8 เท่ากับ 220.80 กิโลกรัม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระยะปลูก 1x1 เมตร มีจำนวนต้นต่อพื้นที่มากกว่าระยะปลูก 2x1 และ 2x2 เมตร ทำให้มีผลผลิตรวมต่อพื้นที่เพิ่มสูงขึ้น แม้ว่าผลผลิตต่อต้นอาจน้อยกว่า ปัจจัยด้านสายพันธุ์ มีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 มีน้ำหนักรวมผลผลิตดอกแห้งต่อไร่สูงกว่าสายพันธุ์ EHFGP#8 ในทุกระยะปลูก แต่เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์ พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อไร่ (Table 3) ปัจจัยด้านระยะปลูกที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักผลผลิตดอกแห้งต่อไร่ สอดคล้องกับรายงานของ García-Tejero *et al.* (2014) ที่รายงานว่า การปลูกกัญชงที่ความหนาแน่นสูง (มีจำนวนต้นต่อพื้นที่มาก) ส่งผลให้ผลผลิตส่วนใบและช่อดอกของกัญชงที่ปลูกในระบบกลางแจ้งเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน และ Burczyk *et al.* (2009) รายงานว่าการปลูกด้วยการหว่านเมล็ด 10-20 กก./เฮกตาร์ เหมาะสำหรับการผลิตช่อดอก โดยความหนาแน่นสูงที่สุดของกลุ่มการทดลองนี้ที่ 20 กก./เฮกตาร์ ให้ปริมาณชีวมวลต่อพื้นที่สูงที่สุด

Table 3 Effect of plant spacing on fresh flower yield per plant (kg), dry flower yield per plant (kg) and dry flower yield per rai (kg rai⁻¹) of hemp varieties EHFGP#1, EHFGP#3 and EHFGP#8

Plant spacing (mxm)	Varieties	Fresh flower yield per plant (kg)	Dry flower yield per plant (kg)	Dry flower yield per rai (kg rai ⁻¹)
1x1	EHFGP#1	1.96±0.42c	0.41±0.09b	659.20±89.04
	EHFGP#3	2.15±0.71bc	0.49±0.17b	787.20±170.54
	EHFGP#8	1.84±0.38c	0.39±0.08b	627.20±80.66
2x1	EHFGP#1	2.77±0.70b	0.62±0.17b	496.00±132.80
	EHFGP#3	2.06±0.47bc	0.48±0.10b	387.20±82.21
	EHFGP#8	1.71±0.61c	0.41±0.14b	329.60±108.04
2x2	EHFGP#1	3.99±0.44a	0.92±0.10a	369.60±41.10
	EHFGP#3	3.67±0.37a	0.92±0.13a	369.60±50.99
	EHFGP#8	2.27±0.44bc	0.55±0.10b	220.80±41.17
Plant spacing (A)		**	**	**
Varieties (B)		**	**	*
A x B		*	*	ns
CV (%)		22.34	22.32	24.84

ns = non-significant, ** = indicates a highly significant difference ($p \leq 0.01$). Means followed by the same letter within the same column are not significantly different according to the Duncan's Multiple Range test (DMRT) at $p \leq 0.05$.

ปริมาณสารแคนนาบิไดโอด (Cannabidiol: CBD)

ปัจจัยด้านสายพันธุ์ก็ส่งผลกระทบต่อปริมาณสารแคนนาบิไดโอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารแคนนาบิไดโอดสูงที่สุดอยู่ในช่วง 11.76–13.10% ส่วนสายพันธุ์ EHFGP#8 มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารแคนนาบิไดโอดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.20–10.28% (Table 4) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะปลูกและสายพันธุ์พบว่าเมื่อผลต่อปริมาณสารแคนนาบิไดโอดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3 มีปริมาณสารแคนนาบิไดโอดสูงกว่าสายพันธุ์ EHFGP#8 ในทุกระยะปลูก แต่ปัจจัยด้านระยะปลูกไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณ

สารแคนนาบิไดโอดในดอกกัญชง สอดคล้องกับการรายงานผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดปริมาณสารแคนนาบิไดโอด ดังนี้ Darby *et al.* (2021) รายงานว่าสายพันธุ์มีอิทธิพลต่อปริมาณสารแคนนาบิไดโอดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยบางสายพันธุ์มีปริมาณสารแคนนาบิไดโอดสูงกว่า 15% แต่บางสายพันธุ์มีปริมาณเพียง 7–9% García-Tejero (2020) รายงานว่าสายพันธุ์กัญชง ที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้ทางการแพทย์ 4 สายพันธุ์ใหม่ ได้แก่ สายพันธุ์ Sara, Pilar, Theresa และ Aida มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารแคนนาบิไดโอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ และ Chen *et al.* (2021) ที่ทำการศึกษากัญชงจำนวน 20 สายพันธุ์ โดยวิเคราะห์ปริมาณแคนนาบิไดโอดด้วย HPLC-UV แล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์

พบว่าสายพันธุ์ที่แตกต่างกันจะมีปริมาณสารแคนนาบิไดโอดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารแคนนาบิไดโอด สูงที่สุดคือ T2 trump แสดงให้เห็นว่า

พันธุกรรมของแต่ละสายพันธุ์เป็นปัจจัยหลักในการกำหนดศักยภาพของการสะสมปริมาณสารแคนนาบิไดโอด

Table 4 Effect of plant spacing on cannabidiol content of hemp varieties EHFGP#1, EHFGP#3 and EHFGP#8

Plant spacing (mxm)	Varieties	Cannabidiol (%)
1x1	EHFGP#1	12.81±0.05a
	EHFGP#3	13.10±0.60a
	EHFGP#8	9.20±0.55b
2x1	EHFGP#1	12.93±0.40a
	EHFGP#3	11.79±1.56a
	EHFGP#8	10.26±0.19b
2x2	EHFGP#1	11.76±0.42a
	EHFGP#3	12.58±0.22a
	EHFGP#8	10.28±0.19b
Plant spacing (A)		ns
Varieties (B)		**
A x B		*
CV (%)		6.39

ns = non-significant, ** = indicates a highly significant difference ($p \leq 0.01$). Means followed by the same letter within the same column are not significantly different according to the Duncan's Multiple Range test (DMRT) at $p \leq 0.05$.

สรุปผลการวิจัย

การปลูกกัญชงสายพันธุ์ EHFGP#1, EHFGP#3 และ EHFGP#8 ภายใต้ระยะปลูก 1x1, 2x1 และ 2x2 เมตร ในสภาพกลางแจ้ง (outdoor cultivation) พบว่าระยะปลูก 1x1 และ 2x1 เมตร ส่งผลให้ต้นกัญชงมีความสูงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะปลูก 2x2 เมตร ส่งผลให้ต้นกัญชงมีจำนวนข้อปล้องและกิ่งที่มากที่สุด รวมถึงให้ผลผลิตช่อดอกสดและช่อดอกแห้งต่อต้นสูงที่สุด เมื่อพิจารณาระหว่างสายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ EHFGP#1 และ EHFGP#3

ให้ผลผลิตช่อดอกสดและแห้งมากที่สุด รวมถึงมีปริมาณสารแคนนาบิไดโอด (Cannabidiol: CBD) สูงกว่าสายพันธุ์ EHFGP#8 ซึ่งระยะปลูก 2x1 เมตร ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง การปลูกระยะปลูก 2x2 เมตร ใช้สายพันธุ์ EHFGP#1 หรือ EHFGP#3 ให้ผลผลิตต่อต้นสูง รวมถึงมีปริมาณสารแคนนาบิไดโอดสูงที่สุด จากการวิจัยสรุปได้ว่าระยะปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกัญชง โดยระยะ 2x2 เมตร ให้ผลผลิตต่อต้นสูงที่สุด แต่ระยะที่ 1x1 เมตร อาจเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ได้มากกว่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ทดสอบ วิจัยและพัฒนาพันธุ์ของ
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท ทีเอ็นอาร์ ไบโอดีเอ็นเอ
จำกัด (TNRBio) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการ
ดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณบริษัท เอฟจีพี (ไทยแลนด์)
จำกัด ที่ให้การสนับสนุนสายพันธุ์กัญชงในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Burczyk, H., L. Grabowska, M. Strybe and
W. Konczewicz. 2009. Effect of sowing
density and date of harvest on yields of
industrial hemp. **Journal of Natural
Fibers** 6: 204–218.
- Chen, X., H. Deng, J.A. Heise, D.P. Puthoff,
N. Bou-Abboud, H. Yu and J. Peng.
2021. Contents of cannabinoids in
hemp varieties grown in Maryland.
ACS Omega 6: 32186–32197.
- Darby, H., R. Malone, J. Bruce, I. Luke and
S. Ziegler. 2020. **2019 Hemp
Cannabidiol Plant Spacing x Planting
Date Trial**. 8 p. *In* Research Report.
Burlington, Vermont: Northwest Crops
and Soils Program.
- Darby, H., J. Bruce, I. Krezinski, and L. Ruhl.
2021. **2020 Hemp Flower Variety Trial**.
20 p. *In* Research Report. Burlington,
Vermont: Northwest Crops and Soils
Program.
- Darby, H., J. Bruce, I. Krezinski, R. Malone and
S. Ziegler. 2022. **2020 Hemp Flower
Plant Spacing x Planting Date Trial**.
8 p. *In* Research Report. Burlington,
Vermont: Northwest Crops and Soils
Program.
- Department of Agriculture (Thailand). 2022.
**Notification of the Department of
Agriculture Re: Public Announcement
of the Application for the Issuance
of a Certificate of Registered Plant
Variety Pursuant to the Plant
Varieties Act, B.E. 2518 (1975)**.
Bangkok: Department of Agriculture,
Ministry of Agriculture and
Cooperatives. 57 p. [in Thai]
- Department of Medical Services (Thailand).
2024. **Guidance on Cannabis for
Medical Use**. 6th Revised Edition.
Bangkok: Department of Medical
Services, Ministry of Public Health.
57 p. [in Thai]
- Duangdamrong, J., K. Jamparngernthaweessri,
Y. Sathiyos, S. Poopong, N. Lumlerdkij and
P. Akarasereenont. 2022. Evidence of
cannabis for medical uses and its
indications: an evidence-based
comparison between Thai traditional
medicine and western medicine.
Siriraj Medical Bulletin 15(3): 155–163.
[in Thai]

- García-Tejero, I.F., V.H. Durán-Zuazo, R. Pérez-Álvarez, A. Hernández, S. Casano, M. Morón and J.L. Muriel-Fernández. 2014. Impact of plant density and irrigation on yield of hemp (*Cannabis sativa* L.) in a Mediterranean semi-arid environment. **Journal of Agricultural Science and Technology** 16: 887–895.
- García-Tejero, I.F., A. Hernández, C. Ferreiro-Vera, V., H. Durán Zuazo, J. Hidalgo García, C. Sánchez-Carnerero and S. Casano. 2020. Yield of new hemp varieties for medical purposes under semi-arid Mediterranean environment conditions. **Comunicata Scientiae** 11: e3264.
- Koren, J. 2007. Influence of plantation row spacing on quality and yield of hops. **Plant, Soil and Environment** 53(6): 276–282.
- Linder, E.R., S. Young, X. Li, S. Henriquez Inoa and D.H. Suchoff, 2022. The effect of transplant date and plant spacing on biomass production for floral hemp (*Cannabis sativa* L.). **Agronomy** 12: 1856.
- Ministry of Public Health (Thailand). 2022. Ministerial Notification of the Ministry of Public Health Re: Specifying Narcotic Substances in Category 5, B.E. 2565 (2022). **The Royal Thai Government Gazette** 139 (Special Part 35 Ngor): 8. [in Thai]
- O'Brien, K. and P. Blair. 2021. **Medicinal Cannabis and CBD in Mental Healthcare**. Cham: Springer. 361 p.
- Office of Industrial Economics. 2022. **Action plan for the development of the industrial hemp industry towards commercialization (2023-2027)**. Retrieved from http://bioie.oie.go.th/oieqrqcode/uploadFile/oie736117653_2029136235.pdf [in Thai]
- Pinmanee, S., R. Yanaphan, S. Kuppatarat, P. Akaranuchat, S. Kaewchumchuem, P. Meepanya, W. Pansupa and S. Pripanachaiman. 2013. **Research and Development on Cultivation and Processing of Products from Hemp: A Final Report of Action Research in the Royal Project Foundation Areas**. 56 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Highland Research and Development Institute (Public Organization). [in Thai]
- Visković, J., V.D. Zheljzkov, V. Sikora, J. Noller, D. Latković, C.M. Ocamb and A. Koren. 2023. Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) agronomy and utilization: a review. **Agronomy** 13: 931.
- Yadav, S.P.S., N.P. Ghimire and V. Lahutiya. 2023. A comprehensive review of the production technology of *Cannabis sativa* L. with its current legal status and botanical features. **Fundamental and Applied Agriculture** 8(1&2): 458–474.

Yanaphan, R. 2016. **Hemp Cultivation Manual for Fiber Production under a Controlled System.** 1st Ed.
Chiang Mai: Highland Research and Development Institute (Public Organization). 28 p. [in Thai]

Yanaphan, R., S. Kuppatarat and S. Pinmanee. 2023. The test of hemp varieties and their potential for fiber production. **Khon Kaen Agriculture Journal** 51(SUPPL.1): 140–145. [in Thai]

การผลิตฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในกระถางสภาพโรงเรือนทางภาคใต้ของประเทศไทย
Organic Kariyat (*Andrographis paniculata*) Production in Pot
under Greenhouse Conditions in Southern Thailand

จักรกฤษณ์ พูนภักดี¹ และอธิป สกุลเผือก^{2,*}

Chakkrit Poonpakdee¹ and Athip Sakunphueak^{2,*}

¹สาขาวิชานวัตกรรมกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

²สาขาวิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

¹Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources,
Prince of Songkla University, Songkla, Thailand 90110

²Department of Pharmacognosy and Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmaceutical Sciences,
Prince of Songkla University, Songkla, Thailand 90110

*Corresponding author: athip.s@psu.ac.th

*ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8788-3544>

Received: March 29, 2025

Revised: July 2, 2025

Accepted: October 16, 2025

Abstract

Kariyat (*Andrographis paniculata*) is a medicinal herb with significant therapeutic potential. Currently, organic *A. paniculata* is cultivated in controlled-environment greenhouses to ensure high-quality production. A crucial factor in organic greenhouse cultivation of this herb is the management of soil nutrients. This study aimed to investigate the effects of different application rates of cow manure on the growth, nutrient uptake, and andrographolide production in *A. paniculata* cultivated in an organic farming system under greenhouse conditions in southern Thailand. Red soil was collected and mixed with cow manure at rates of 0 (control), 2, 4, 6, and 8 tons rai^{-1} (0, 61.32, 122.64, 189.96 and 245.28 g pot^{-1} , respectively). *A. paniculata* plants were cultivated in 10 inch-diameter pots. The results showed that the application of cow manure at a rate of 2 tons rai^{-1} significantly promoted plant height, stem diameter, and both fresh and dry biomass weights. In addition, the application of cow manure at a rate of 2 tons rai^{-1} not only resulted in the best growth of *A. paniculata*, but also enhanced soil pH, electrical conductivity, nutrient availability, and andrographolide content in the plant. Therefore, applying cow manure at a rate of 2 tons rai^{-1} can serve as a guideline for organic greenhouse cultivation of *A. paniculata*, as it improves soil properties, enhances plant growth, increases nutrient uptake, and promotes andrographolide content in the plant.

Keywords: herb, andrographolide, organic agriculture, soil management in agriculture

บทคัดย่อ

ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata*) เป็นพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพทางการแพทย์ ปัจจุบันมีการปลูกฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในโรงเรือนที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมเพื่อให้ได้ฟ้าทะลายโจรคุณภาพดี สิ่งสำคัญในการปลูกฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในระบบโรงเรือน คือ การจัดการธาตุอาหารในดิน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมูลวัวอัตราต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต การดูดใช้ธาตุอาหาร และการสร้างสารแอนโดรกราโฟไลด์ของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ภายใต้สภาพโรงเรือนในภาคใต้ของประเทศไทย ทำการผสมดิน แดงกับมูลวัวในอัตรา 0 (ควบคุม), 2, 4, 6 และ 8 ตัน/ไร่ (0, 61.32, 122.64, 189.96 และ 245.28 กรัม/กระถางตามลำดับ) จากนั้นปลูกฟ้าทะลายโจรในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ผลการทดลองพบว่า การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ตลอดจนजनน้ำหนักชีวมวลฟ้าทะลายโจรสดและแห้งเพิ่มสูงขึ้น การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ไม่เพียงแต่ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ยังส่งผลให้ดินมีพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณธาตุอาหาร ตลอดจนปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น การผสมมูลวัวกับดินในอัตรา 2 ตัน/ไร่ สามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในระบบโรงเรือน โดยทำให้สมบัติของดิน การเจริญเติบโตของพืช ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดนำไปใช้ และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจรเพิ่มสูงขึ้น

คำสำคัญ: สมุนไพร แอนโดรกราโฟไลด์ เกษตรอินทรีย์ การจัดการดินทางการเกษตร

บทนำ

ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata*) เป็นพืชสมุนไพรไทยที่มีความสำคัญในทางการแพทย์ โดยมีข้อบ่งใช้ในบัญชียาหลักแห่งชาติเพื่อบรรเทาอาการหวัด เจ็บคอ อากาไรซ์ และท้องเสีย (Herbal Products Division, 2025) นอกจากนี้ยังเคยมีรายงานว่ามีประสิทธิผลในการบรรเทาอาการหลอดลมอักเสบ และโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน (Shahid Akbar, 2011) ฟ้าทะลายโจรได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงสมบัติในการต้านการอักเสบ และกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Sooksawate *et al.*, 2022) ฟ้าทะลายโจรมีสารสำคัญ คือ แอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สอดคล้องกับสรรพคุณข้างต้น จึงทำให้ฟ้าทะลายโจรได้รับความสนใจอย่างมากในวงการสมุนไพร โดยเฉพาะในช่วงสถานการณ์การระบาดหนักของเชื้อโควิด-19 ในช่วงปี พ.ศ. 2563 ที่ผ่านมา เนื่องจากมีการใช้ฟ้าทะลายโจรเพื่อบรรเทาอาการเริ่มต้นของการติดเชื้อของโรคดังกล่าว

ประเทศไทยมีการปลูกฟ้าทะลายโจรในหลายพื้นที่ เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Department of Agriculture, 2021) แม้ว่าฟ้าทะลายโจรจะเป็นพืชที่มีความทนทานต่อสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้งได้ดี แต่การปลูกในพื้นที่ภาคใต้อย่างคงประสบปัญหาผลผลิตต่ำ พืชเจริญเติบโตไม่ดี เนื่องจากดินในภาคใต้ส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Land Development Department, 2015) นอกจากนี้ หลายพื้นที่มีการใช้สารเคมีในการควบคุมศัตรูพืช ส่งผลให้ผู้บริโภคสมุนไพรอาจได้รับอันตรายจากสารเคมีตกค้าง แม้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีมีโอกาสเกิดสารตกค้างในดินน้อยก็ตาม ดังนั้น เพื่อลดข้อกังวลตลอดจนปฏิบัติ

ตามแนวทางการผลิตพืชอินทรีย์ การใช้มูลสัตว์ เช่น มูลโค ซึ่งมีปริมาณมากในภาคใต้และสามารถใช้เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืชได้ จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ เนื่องจากการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์เป็นการทำเกษตรที่ปราศจากการใช้ปุ๋ยเคมีและยากำจัดศัตรูพืช (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2018)

การผลิตฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่หันมาสนใจผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยจากสารเคมีและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ การผลิตพืชในระบบโรงเรือนช่วยให้พืชได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Poonpakdee, 2022) โรงเรือนจะช่วยควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงแดด ซึ่งจะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี ผลผลิตมีคุณภาพ และลดการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืช การผลิตฟ้าทะลายโจรให้ได้สารสำคัญสูงมีหลายปัจจัยเกี่ยวข้อง หนึ่งในปัจจัยนั้น คือ ธาตุอาหารพืช มีรายงานว่าเมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับธาตุอาหารอย่างเหมาะสมจากวัสดุปลูกพบว่าฟ้าทะลายโจรเจริญเติบโตดีและมีสารสำคัญเพิ่มสูงขึ้น (Tanawirote *et al.*, 2024) แม้ปุ๋ยอินทรีย์จะมีปริมาณธาตุอาหารต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่ให้ธาตุอาหารเพียงพอ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตและปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มสูงขึ้น (Basak *et al.*, 2019; Sanjutha *et al.*, 2008) กรมวิชาการเกษตรได้แนะนำให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 2-3 ตัน/ไร่ เพื่อเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืชและปรับปรุงสมบัติดิน อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตราสูงถึง 7.5 ตัน/ไร่ ในระบบแปลงเกษตรอินทรีย์ พบว่าส่งผลให้ข้าวโพดหวานเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอัตราต่ำ (Pongthai *et al.*, 2023) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานอัตราปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการผลิตฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมูลวัวต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารสำคัญของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ภายใต้สภาพโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมดินปลูกและเพาะกล้าฟ้าทะลายโจร

ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินแดงที่เก็บใกล้บริเวณภูเขาหินปูนในอำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา ($X=625772.7522$ E; $Y=771365.7643$ N) จากนั้นนำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แบ่งดินออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิด 2 มม. เพื่อใช้วิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นทางเคมี ได้แก่ พีเอช (1:5 w/v) ค่าการนำไฟฟ้า (1:5 w/v) ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (1M NH_4OAc pH 7.0) และร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 0.5 มม. เพื่อวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน (Walkley and Black method) ตามคู่มือวิเคราะห์ดินและพืช (Onthong and Poonpakdee, 2020) ดินส่วนที่ 2 ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2.0 ซม. สำหรับใช้ปลูกฟ้าทะลายโจรในกระถางสภาพโรงเรือนที่มีหลังคาพลาสติกใส ผนังด้านข้างเป็นมุ้งตาข่ายและมีพัดลมระบายอากาศเพื่อถ่ายเทอากาศระหว่างภายในและนอกโรงเรือน เพาะกล้าฟ้าทะลายโจรในวัสดุปลูกที่ผสมจากดินร่วน แกลบดำ มูลไส้เดือน และขุยมะพร้าวในสัดส่วน 1:1:1:1 โดยปริมาตร หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วันก่อนนำมาใช้ หยอดเมล็ดฟ้าทะลายโจรในถาดเพาะที่บรรจุวัสดุปลูกจำนวน 5 เมล็ด/หลุม เมื่อกกล้าฟ้าทะลายโจรงอกและมีอายุ 30 วัน ทำการคัดเลือก 1 ตัน/หลุม และย้ายกล้างลงปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ที่บรรจุดินปริมาตรประมาณ 6 ลิตร แต่ละกระถางวางห่างกันประมาณ 10 ซม. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มี 5 ทริตเมนต์ ทริตเมนต์ละ 8 ซ้ำ ได้แก่ 1) ชุดควบคุม และทริตเมนต์ที่ 2-5) คือ ดินแดงคลุกผสมมูลวัวอัตรา 2, 4, 6 และ 8 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (เทียบพื้นที่ของดิน 1 ไร่กับขนาดพื้นที่ของกระถาง น้ำหนักมูลวัวที่ใช้ คือ 0, 61.32, 122.64, 189.96 และ 245.28 กรัม/กระถาง ตามลำดับ)

โดยมูลวัวที่นำมาใช้มีค่าพีเอช (1:10 w/v) 7.31 ค่าการนำไฟฟ้า (1:10 w/v) 3.29 dS/m ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) 1.08 % ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P₂O₅) 0.75% และโพแทสเซียมทั้งหมด (total K₂O) 2.00% รดน้ำประปาวันละ 2 ครั้ง ช่วงเช้าและเย็นโดยใช้บัวรดน้ำ

การเจริญเติบโตและการวิเคราะห์ธาตุอาหารในฟ้าทะลายโจร

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของกล้าฟ้าทะลายโจรหลังปลูกลงในกระถาง 2, 4, 6, 8 และ 10 สัปดาห์ โดยการวัดความสูงต้น (ส่วนเหนือดินจนถึงยอด) และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เหนือดิน 2 ซม.) โดยใช้ดิจิตอลเวอร์เนียเมื่อครบกำหนดสิ้นสุดการทดลอง (10 สัปดาห์ เนื่องจากฟ้าทะลายโจรเริ่มออกดอก) เก็บต้นฟ้าทะลายโจรส่วนเหนือดินแยกออกเป็น 3 ส่วน คือ ใบ ลำต้น (ลำต้น+กิ่ง+ดอก) และราก จากนั้นทำความสะอาดและกำจัดสิ่งปนเปื้อน ซึ่งน้ำหนักสดของส่วนต่าง ๆ และอบจนน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้นชั่งและบันทึกน้ำหนักแห้ง ทำการบดตัวอย่างฟ้าทะลายโจรแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช และย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก (H₂SO₄) เพื่อวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) และกรดผสมไนตริกเปอร์คลอริก (HNO₃:HClO₄ 3:1 v/v) เพื่อวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (Vanadomobedate method) โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงทั้งหมด (Atomic absorption spectrophotometer) ตามคู่มือวิเคราะห์ดินและพืช (Onthong and Poonpakdee, 2020) จากนั้นประเมินปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่ฟ้าทะลายโจรดูดใช้จากความเข้มข้นธาตุอาหารและผลผลิตน้ำหนักแห้งของฟ้าทะลายโจร

การเตรียมสารสกัดฟ้าทะลายโจรเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์

นำตัวอย่างส่วนเหนือดินทั้งหมดของฟ้าทะลายโจรที่ผ่านการอบแห้งที่ 50°ซ บดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช เตรียมสารสกัดตามวิธีที่ได้อธิบายไว้

ใน Thai Herbal Pharmacopoeia (Thai Pharmacopoeia Committee, 2021) ชั่งผงฟ้าทะลายโจร 400 มก. ลงในขวดก้นกลม เติมสารผสมระหว่างไดคลอโรมีเทนและเมธานอล ในอัตราส่วน 1:1 (v/v) ปริมาตร 50 มล. สกัดฟ้าทะลายโจรโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยความร้อนในสภาวะ reflux เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นกรองสารสกัดผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 นำสารสกัดที่ได้ไปประเหยให้แห้งภายใต้สภาวะลดความดัน ละลายกลับด้วยเมธานอล และปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นกรองสารสกัดผ่านแผ่นกรองในลอนขนาด 0.45 ไมโครเมตร และนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ด้วยเทคนิค HPLC

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์โดยเทคนิค HPLC อ้างอิงตามวิธีที่ระบุใน Thai Herbal Pharmacopoeia โดยมีการปรับปรุงเล็กน้อย (Thai Pharmacopoeia Committee, 2021) การวิเคราะห์ทำบนระบบ HPLC Prominence รุ่น LC-2030C 3D (Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) ใช้คอลัมน์ C-18 ขนาด 15x4.6 มม. เป็นวัฏภาคอยู่กับที่ และใช้ส่วนผสมของเมธานอลและน้ำในอัตราส่วน 52:48 (v/v) ตามลำดับ ปริมาตรการฉีดตัวอย่างวิเคราะห์ 20 ไมโครลิตร นำค่าพื้นที่ใต้กราฟจากการวิเคราะห์ไปเปรียบเทียบปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์กับกราฟมาตรฐานที่สร้างจากสารมาตรฐานแอนโดรกราโฟไลด์ในช่วงความเข้มข้น 5–30 ไมโครกรัม/มล.

การวิเคราะห์สถิติ

หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร ตลอดจนสมบัติ

ดินก่อนและหลังปลูก จากนั้นนำมาหาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

สมบัติทั่วไปของดิน

เมื่อนำดินปลูกก่อนการทดลองมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่าการใส่มูลวัวส่งผลให้ดินมีค่าพีเอช

ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม และเมื่อใส่มูลวัวในอัตราที่สูงขึ้นก็มีแนวโน้มทำให้ธาตุอาหารในดินเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่มูลวัวอัตรา 8 ตัน/ไร่ พบว่า ส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงถึง 1.45 dS/m (Table 1)

Table 1 Chemical properties of soil before cultivation

Application rate (ton/rai)	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Total N (g kg ⁻¹)	Avail. P (mg kg ⁻¹)	Extr. K (mg kg ⁻¹)	Extr. Ca (mg kg ⁻¹)	Extr. Mg (mg kg ⁻¹)
0	6.22 c	0.08 e	13.18 d	0.70 e	96.90 e	84.31 e	1918.00 c	57.02 e
2	6.44 b	0.86 d	22.17 c	1.39 d	144.62 d	2383.48 d	2330.02 b	220.55 d
4	6.67 b	1.06 c	27.47 bc	1.68 c	230.15 c	3128.42 c	2721.41 b	268.47 c
6	7.05 a	1.38 b	36.52 a	1.86 b	263.82 b	3933.64 b	3010.31 a	363.59 a
8	7.25 a	1.45 a	43.49 a	2.24 a	288.66 a	4149.85 a	3527.13 a	428.93 b
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	1.53	3.28	12.33	2.01	0.59	2.84	1.37	1.07

* = significantly different at P<0.05; Different letters in the same column indicated significant differences by DMRT at P<0.05

การเจริญเติบโตของฟ้ายะลวย

การใส่มูลวัวในอัตรา 2 และ 4 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้ายะลวยมีการเจริญเติบโตดีกว่าการไม่ใส่และใส่มูลวัวในอัตราสูง (6 และ 8 ตัน/ไร่) (Figure 1) นอกจากนี้ การใส่มูลวัวอัตรา 2 และ 4 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ต้นฟ้ายะลวยมีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงกว่าในทรีตเมนต์ที่มีการใส่มูลวัว 6 และ 8 ตัน/ไร่ โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 10 ซึ่งเป็นสัปดาห์เก็บเกี่ยว การใส่มูลวัวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้ายะลวยมีความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงที่สุด (Figure 2) ส่วนการใส่มูลวัวในอัตรา 8 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้ายะลวยมีการเจริญเติบโตช้า แคระแกรน และเริ่มแสดงอาการเหี่ยวเฉา

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (10 สัปดาห์) ทำการเก็บเกี่ยวฟ้ายะลวยเพื่อประเมินน้ำหนักสดและแห้ง พบว่าการใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้ายะลวยมีน้ำหนักสดในส่วนขอราก (10.14 กรัม) ใบ (38.4 กรัม) ลำต้น (20.8 กรัม) และน้ำหนักแห้งขอราก (1.63 กรัม) ใบ (8.23 กรัม) และลำต้น (4.42 กรัม) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่น ๆ การใส่มูลวัวในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้น้ำหนักของฟ้ายะลวยลดลง โดยเฉพาะการใส่มูลวัวที่อัตรา 6 ตัน/ไร่ พบว่าส่งผลให้ฟ้ายะลวยมีชีวมวลต่ำสุดเมื่อเทียบกับการใส่มูลวัวในอัตรา 0-4 ตัน/ไร่ (Figure 3) ในขณะที่การใส่มูลวัวอัตรา 8 ตัน/ไร่ พบว่าฟ้ายะลวยมีอาการเหี่ยวเฉา ใบเหลือง แคระแกรน และค่อย ๆ ยืนต้นตาย

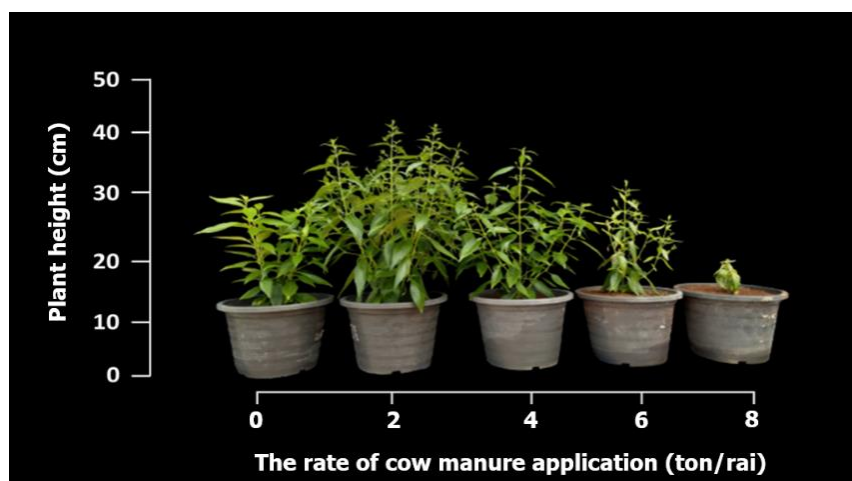


Figure 1 Growth of Kariyat in soil amended with cow manure at rate of 0–8 tons rai⁻¹

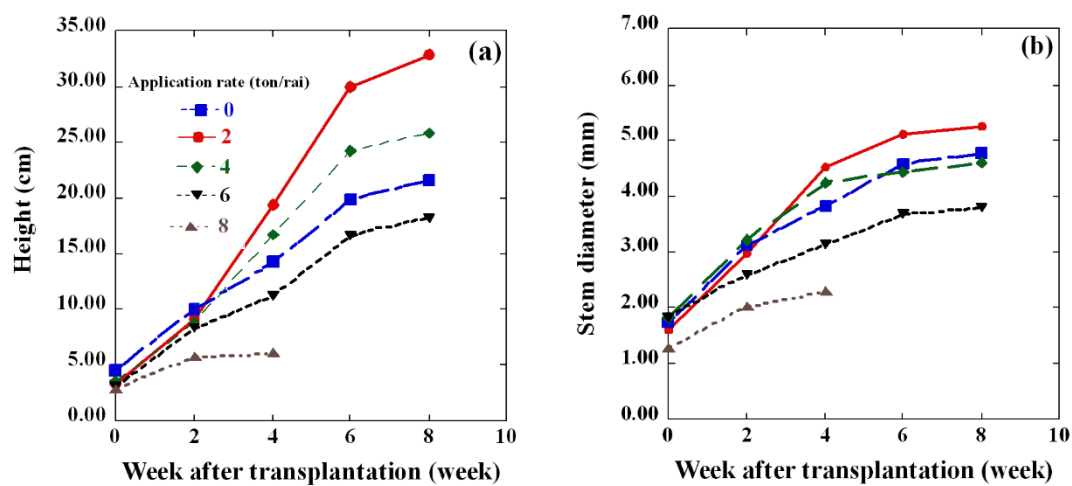


Figure 2 Height (a) and stem diameter (b) of Kariyat in soil amended with cow manure at rate of 0–8 tons/rai

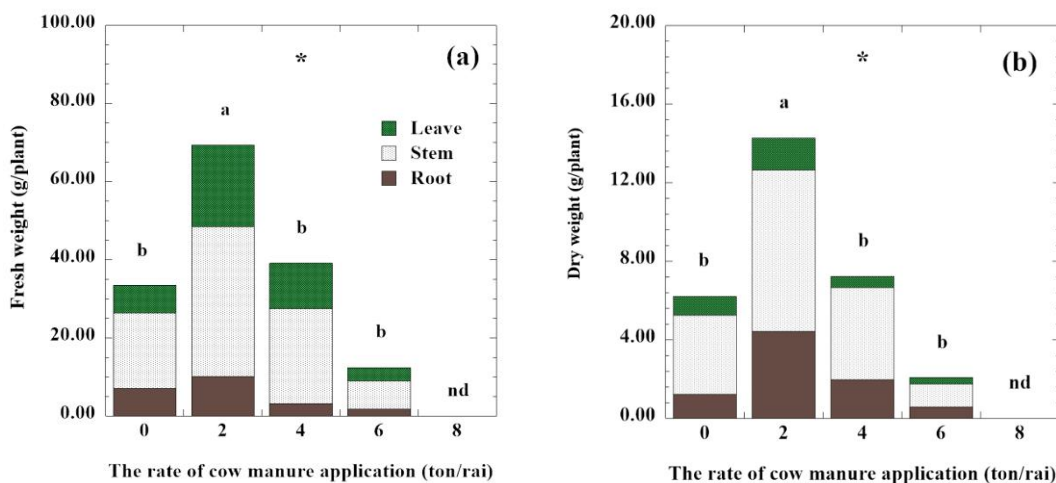


Figure 3 Fresh (a) and dry weight (b) of Kariyat in soil amended with cow manure at rate of 0–8 tons/rai

* = significantly different at $P \leq 0.05$; Different letters in each bar indicated significant differences by DMRT; nd = no data due to plant non-survival

ความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารในฟ้าทะลายโจร

เมื่อประเมินความเข้มข้นธาตุอาหารในราก ฟ้าทะลายโจร พบว่าการใส่มูลวัวส่งผลให้ธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่มีความเข้มข้นสูงกว่าการไม่ใส่มูลวัว (Table 2) ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืชมีความเข้มข้นสูงในใบ > ราก > ลำต้น ในขณะที่ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ซึ่งเป็นจุลธาตุมีความเข้มข้นสูงในราก > ใบ > ลำต้น การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในรากของฟ้าทะลายโจร มีความเข้มข้นของไนโตรเจน (20.14 กรัม/กก.) ฟอสฟอรัส (1.67 กรัม/กก.) แมกนีเซียม (4.36 กรัม/กก.) แมงกานีส (1,238.3 มก./กก.) สังกะสี (293.3 มก./กก.) และทองแดง (22.7 มก./กก.) สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่

มูลวัวในอัตราอื่น ๆ (Table 2) ในขณะที่ความเข้มข้นธาตุอาหารในส่วนใบของฟ้าทะลายโจร พบว่าการใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีความเข้มข้นของไนโตรเจน (29.7 กรัม/กก.) ฟอสฟอรัส (1.13 กรัม/กก.) แมกนีเซียม (5.85 กรัม/กก.) เหล็ก (185.3 มก./กก.) แมงกานีส (71.5 มก./กก.) สังกะสี (31.2 มก./กก.) และทองแดง (4.77 มก./กก.) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่มูลวัวอัตราอื่น ๆ (Table 2) ในขณะที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารในลำต้นมีการสะสมไนโตรเจน (14.6 กรัม/กก.) ฟอสฟอรัส (1.25 กรัม/กก.) และโพแทสเซียม (59.0 กรัม/กก.) สูงที่สุดเมื่อมีการใส่มูลวัวในอัตรา 4 ตัน/ไร่ นอกจากนี้ ฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินแดงที่มีการใส่ มูลวัวอัตรา 2 ตัน/ไร่ พบว่าส่วนลำต้นของฟ้าทะลายโจร มีการสะสมจุลธาตุสูงที่สุด (Table 2)

Table 2 Nutrient concentration

Application rate (ton rai ⁻¹)	Total nutrient (g kg ⁻¹)					Total micronutrient (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
In root									
0	11.31 d	0.86 c	37.20 d	23.30 a	3.41 d	2,475 b	1,013 c	223.02 c	14.92 b
2	20.14 a	1.67 a	42.00 c	13.60 c	4.36 a	2,882 a	1,238 a	293.34 a	22.72 a
4	19.17 b	1.13 b	50.62 a	11.63 d	3.91 b	2,838 a	1,136 b	284.68 b	20.48 a
6	17.53 c	1.12 b	44.94 b	14.34 b	3.63 c	2,353 c	990 d	214.54 d	13.87 b
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	1.91	3.74	1.92	0.85	2.02	1.25	0.89	0.80	7.05
In leave									
0	29.40 a	0.83 c	34.70 c	42.30 a	3.75 d	123.31 c	50.44 b	21.41 c	2.32 c
2	29.70 a	1.13 a	49.00 b	25.92 b	5.85 a	185.34 a	71.52 a	31.22 a	4.77 a
4	28.60 b	1.04 b	53.90 a	21.13 c	5.61 b	174.70 b	70.47 a	28.06 b	3.51 b
6	23.60 c	0.80 c	55.40 a	16.91 d	4.24 c	119.83 c	42.03 c	19.84 c	2.16 c
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	0.87	3.33	2.13	2.06	0.93	1.13	1.77	3.44	3.58
In stem									
0	10.50 d	0.58 c	48.22 c	28.31 a	2.63 a	27.32 c	31.52 c	20.23 c	4.09 c
2	13.31 c	1.21 a	50.73 b	20.67 b	2.41 b	55.82 a	63.31 a	25.82 a	5.69 a
4	14.62 a	1.25 a	59.01 a	21.04 b	2.47 b	49.47 b	56.97 b	22.97 b	5.23 b
6	14.34 b	0.92 b	58.26 a	20.53 b	2.18 c	21.46 d	27.68 c	19.35 c	3.74 c
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	1.33	5.54	0.58	1.15	1.85	5.32	4.70	3.82	3.38

* = significantly different at $P \leq 0.05$; Different letters in the same column indicated significant differences by DMRT within each plant part (root, leave and stem); nd = no data due to plant non-survival

เมื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่ต้นฟ้าทะลายโจรดูดใช้ซึ่งเป็นผลรวมปริมาณการดูดใช้ในส่วนต่าง ๆ พบว่าการใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการดูดใช้ในโตรเจน (0.90 กรัม/ตัน) ฟอสฟอรัส (0.057 กรัม/ตัน) โพแทสเซียม (2.03 กรัม/ตัน) แคลเซียม (0.86 กรัม/ตัน) และแมกนีเซียม (0.18 กรัม/ตัน) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่มูลวัวอัตราต่าง ๆ (Table 3) สอดคล้องกับการดูดใช้จุลธาตุที่พบว่า

การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการดูดใช้เหล็ก (44.74 มก./ตัน) แมงกานีส (19.65 มก./ตัน) สังกะสี (5.01 มก./ตัน) และทองแดง (0.48 มก./ตัน) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่มูลวัวในอัตราอื่น ๆ (Table 3) อย่างไรก็ตาม การใส่มูลวัวในอัตราที่เพิ่มขึ้นกลับส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการดูดใช้ธาตุอาหารได้ลดลง โดยเฉพาะการใส่มูลวัวในอัตรา 6 ตัน/ไร่

Table 3 Total nutrients uptake in Kariyat

Application rate (ton ra ⁻¹)	Macro-nutrients					Micro-nutrients			
	N uptake (g plant ⁻¹)	P uptake (g plant ⁻¹)	K uptake (g plant ⁻¹)	Ca uptake (g plant ⁻¹)	Mg uptake (g plant ⁻¹)	Fe uptake (mg plant ⁻¹)	Mn uptake (mg plant ⁻¹)	Zn uptake (mg plant ⁻¹)	Cu uptake (mg plant ⁻¹)
0	0.32 b	0.014 c	0.75 c	0.58 b	0.06 c	16.30 c	6.82 c	1.64 c	0.14 c
2	0.90 a	0.057 a	2.03 a	0.86 a	0.18 a	44.74 a	19.65 a	5.01 a	0.48 a
4	0.45 b	0.025 b	1.18 b	0.39 c	0.09 b	22.13 b	9.13 b	2.42 b	0.21 b
6	0.12 c	0.006 d	0.33 d	0.11 d	0.02 d	5.22 d	2.25 d	0.54 d	0.04 d
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	7.08	3.94	9.36	2.07	11.49	0.81	0.89	1.32	4.65

* = significantly different at P≤0.05; Different letters in the same column indicate significant differences by DMRT within macro- (column 2-6) and micro-nutrient groups (column 7-10); nd

= no data due to plant non-survival

ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์

การใส่มูลวัวส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มขึ้นตามอัตราที่ใส่ (Figure 4) โดยพบว่า การใส่มูลวัวอัตรา 0, 2, 4 และ 6 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ส่วนเหนือดินของฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารแอนโดร

กราโฟไลด์ร้อยละ 0.94, 1.82, 2.41 และ 3.50 ตามลำดับ การใส่มูลวัวในอัตรา 4 และ 6 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารสำคัญดังกล่าวสูง อย่างไรก็ตาม แม้ฟ้าทะลายโจรมีสารสำคัญสูงแต่กลับพบว่าฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตไม่ดี (Figure 1)

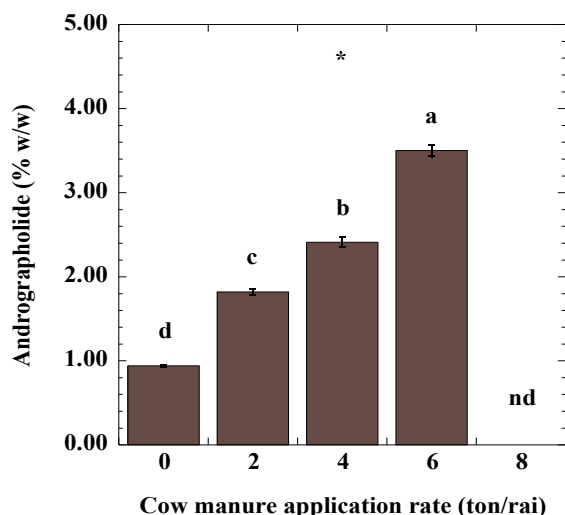


Figure 4 Andrographolide content in shoot of Kariyat in soil amended with cow manure at rate of 0–8 tons/rai

* = significantly different at $P \leq 0.05$; Different letters in each bar indicated significant differences by DMRT; vertical bar = SD; nd = no data due to plant non-survival

วิจารณ์ผลการวิจัย

สมบัติดิน

ดินแดงที่ใช้ศึกษาก่อนทำการทดลองมีพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ตลอดจนแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารรองในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Table 1) การใส่มูลวัวในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ดินมีค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ รวมทั้งธาตุอาหารในดินเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราที่ใส่ (Table 1) มูลวัวเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืชทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม และเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้ได้ทั่วไปในภาคใต้เนื่องจากเกษตรกรในภาคใต้นิยมเลี้ยงวัว อย่างไรก็ตาม มูลวัวมีพีเอชเป็นต่าง

การใส่มูลวัวในอัตราที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ดินมีค่าพีเอช ตลอดจนความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น ดังนั้น การใส่มูลวัวในอัตราที่สูงเกินไปจึงส่งผลให้ดินเป็นด่าง และมีค่าการนำไฟฟ้าสูงจนไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ทั้งนี้ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชอยู่ที่ 5.5–7.0 ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ไม่ควรสูงกว่า 2 dS/m (Brady and Weil, 2008) การใส่มูลวัวไม่เพียงแต่ส่งผลให้ดินมีธาตุอาหารเพิ่มสูงขึ้น แต่มีรายงานว่าช่วยให้สมบัติดินทางด้านฟิสิกส์และชีวภาพ เช่น ความหนาแน่นรวมของดินลดลง (Baka *et al.*, 2021) ช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินที่ช่วยการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ และส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (Sivojiene *et al.*, 2021)

การเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร

การใส่มูลวัวในอัตราที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรทั้งด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น รวมทั้งชีวมวลของฟ้าทะลายโจร (Figure 2 and 3) มูลวัวมีธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งในดินส่วนใหญ่มีธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบต่ำแต่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะไนโตรเจนที่มีบทบาทสำคัญในการเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง ในขณะที่ฟอสฟอรัสช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์พลังงานในรูปของ ATP ซึ่งเกี่ยวข้องกับสารให้พลังงานในเซลล์พืช ส่วนโพแทสเซียมช่วยควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนและส่งเสริมการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล (Osotsapar, 2015) เมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับปุ๋ยอินทรีย์ก็ส่งผลให้ได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับมีรายงานว่า ฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินซึ่งใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอ พบว่ามีการเจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มสูงขึ้น (Basak *et al.*, 2019) นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 15 ตัน/เฮกตาร์ (~2.4 ตัน/ไร่) (Sanjutha *et al.*, 2008) ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับการทดลองของงานนี้ คือ ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 2 ตัน/ไร่ พบว่าส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรเจริญเติบโตได้ดี

การดูดีใช้ธาตุอาหารของฟ้าทะลายโจร

การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ พบว่าช่วยส่งเสริมให้ฟ้าทะลายโจรเกิดการสะสมธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของพืชเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่ เมื่อดินมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น พืชเจริญเติบโตดีขึ้น นอกจากนี้ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรดูดีใช้ธาตุอาหารได้เพิ่มขึ้น (Table 5) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยให้สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตพืชได้ การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนในการผลิต แต่ยังช่วยเพิ่มความมั่นใจของผู้บริโภคในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพร ซึ่งผู้บริโภคมักคำนึงถึงการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good

Agriculture Practices: GAP) ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ตลอดจนปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรเพิ่มสูงขึ้น (Basak *et al.*, 2019) อย่างไรก็ตาม การใส่มูลวัวจากแหล่งที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสูงในอัตราสูงอาจส่งผลให้เกิดการสะสมของฟอสฟอรัสในดินซึ่งอาจทำให้พืชดูดใช้เหล็กและแมงกานีสลดลงจนไม่เพียงพอต่อความต้องการ และอาจแสดงอาการขาดธาตุดังกล่าวได้ (Osotsapar, 2015) ดังนั้น การใส่มูลวัวในอัตราที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาความสมดุลของธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะการผลิตพืชระบบเกษตรอินทรีย์

ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์

สภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ปริมาณแสง อุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร (Department of Agriculture, 2021) ส่วนต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์แตกต่างกัน โดยพบสารดังกล่าวสูงในใบ (3.57%) > ส่วนทั้งต้น (1.24%) > ลำต้น (0.75%) > ฝัก (0.16%) (Department of Agriculture, 2021) สอดคล้องกับข้อมูลการทดลองที่พบว่า การใส่มูลวัวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารสำคัญในส่วนเหนือดินร้อยละ 1.825 ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าที่รายงาน (Figure 4) เมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้นส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีสารสำคัญเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า การจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมโดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนอัตรา 5 ตัน/เฮกตาร์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 75 กก./เฮกตาร์ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอย่างละ 50 กก./เฮกตาร์ พบว่าช่วยเพิ่มปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรได้ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่ในอัตราต่ำ (Verma *et al.*, 2024) แม้การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่กลับพบว่ามีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่ำกว่าฟ้าทะลายโจร

ที่ได้รับมูลวัวอัตรา 4 และ 6 ตัน/ไร่ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใส่มูลวัวในอัตรา 4 และ 6 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูง (Table 1) สมภาวะดังกล่าวส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการดูดใช้น้ำและธาตุอาหารได้ลดลง เกิดสภาวะเครียด ฟ้าทะลายโจรจึงสร้างสารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มขึ้น (Trakoonyingcharoen, 2022) ฟ้าทะลายโจรจะให้ปริมาณสารสำคัญสูงเมื่ออยู่ในระยะช่วงออกดอกหรืออายุประมาณ 120–135 วันหลังปลูก (Department of Agriculture, 2021) จึงมีคำแนะนำให้เก็บเกี่ยวในช่วงอายุดังกล่าว ปริมาณสารสำคัญจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อพืชเริ่มมีการการติดฝัก และปริมาณสารสำคัญอาจลดลงถึงร้อยละ 25 หากเก็บรักษาฟ้าทะลายโจรไว้นาน (Department of Agriculture, 2021) ทั้งนี้ฟ้าทะลายโจรแห่งสำหรับใช้ผลิตยาต้องมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ไม่ต่ำกว่า 1% (w/w) (Department of Agriculture, 2021)

สรุปผลการวิจัย

การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ เพื่อเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืชในการผลิตฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในระบบโรงเรือนทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็นอัตราที่ส่งเสริมให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ตลอดจนชีวมวลสดและแห้งสูงที่สุด นอกจากนั้น ยังส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์และการดูดใช้ธาตุอาหารได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่และใส่มูลวัวในอัตราอื่น ๆ การใส่มูลวัวไม่เพียงแต่ช่วยให้ฟ้าทะลายโจรโตดีขึ้น แต่ยังส่งผลให้ดินมีอินทรีย์วัตถุ และปริมาณธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น ดังนั้น การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ จึงเป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการผลิตฟ้าทะลายโจรในกระถางระบบเกษตรอินทรีย์ภายใต้สภาพโรงเรือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติ และคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ ตลอดจนอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Baka, A., C. Poonpakdee, K. Khawmee and J. Onthong. 2021. Effects of fertilizers on growth, yield and curcuminoid content of Turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in red clay loam and sandy loam soil. **Burapha Science Journal** 26(3): 1611–1626. [in Thai]
- Basak, B.B., R.S. Jata, N.A. Gajbhiye, A. Saha and P. Manivela. 2019. Organic nutrient management through manures, microbes and biodynamic preparation improves yield and quality of Kalmegh (*Andrographis paniculata*), and soil properties. **Journal of Plant Nutrition** 43(4): 1–15.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. New Jersey: Pearson Education Press. 975 p.
- Department of Agriculture. 2021. **Guide to the Production of Andrographis for Farmers**. Bangkok: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives Press. 42 p. [in Thai]

- Herbal Products Division. 2025. **The list of national essential herbal medicine**. Retrieved from <https://herbal.fda.moph.go.th/drug-list/category/ann-drug01>
- Land Development Department. 2015. **State of Soil and Land Resources of Thailand**. Bangkok: Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives Press. 304 p. [in Thai]
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2018. **Organic Farming Manual**. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, Ministry of Agriculture and Cooperatives Press. 12 p. [in Thai]
- Onthong, J. and C. Poonpakdee. 2020. **Soil and Plant Analysis Manual**. Songkhla: Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. 90 p. [in Thai]
- Osotsapar, Y. 2015. **Plant Nutrients**. Bangkok: Kasetsart University Press. 548 p. [in Thai]
- Pongthai, T., S. Khayankan, S. Chaisong and H. Hrunheem. 2023. Study on compost rate in organic farming on seed production of hybrid sweet corn Songkhla 84-1. **Research Publication**. Retrieved from https://www.doa.go.th/seed/?page_id=2693 [in Thai]
- Poonpakdee, C. 2022. **Soilless Culture**. Songkhla: Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. 130 p. [in Thai]
- Sanjutha, S., S. Subramanian, C.I. Rani and J. Maheswari. 2008. Integrated nutrient management in *Andrographis paniculata*. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences** 4(2): 141–145.
- Shahid Akbar, M.D. 2011. *Andrographis paniculata*: a review of pharmacological activities and clinical effects. **Alternative Medicine Review** 16(1): 66–77.
- Sivojiene, D., A. Kacergius, E. Baksiene, A. Maseviciene and L. Zickiene. 2021. The Influence of organic fertilizers on the abundance of soil microorganism communities, agrochemical indicators, and yield in east Lithuanian light soils. **Plants** 10(1): 1–14.
- Sooksawate, T., R. Chantraket and P. Kwankhao. 2022. Club Journal. **Journal of Thai Traditional & Alternative Medicine** 18(1): 222–227. [in Thai]
- Tanawirote, P., T. Sumachit, P. Lahuna, R. Sennoi, R. Ruttanaprasert and R. Puttha. 2024. Effect of sowing media from residual biomass of sugarcane and rice on growth and Andrographolide content of Fa Thalai Chon (*Andrographis paniculate* (Burm. F) Nees) sprouts. **Journal of Agricultural Research and Extension** 41(2): 14–25. [in Thai]
- Thai Pharmacopoeia Committee. 2021. **Thai Herbal Pharma-copoeia 2021**. Nonthaburi: Department of Medical Sciences. 140 p. [in Thai]

Trakoonyingcharoen, P. 2022. Effects of nitrogen content on yield and phytochemical concentration of *Andrographis paniculate* planting in sandy soils. **Maejo Journal of Agricultural Production** 5(2): 30–38. [in Thai]

Verma, H., M.S. Negi, B.S. Mahapatrac, A. Shukla, J. Pauld and M.K. Bhatt. 2024. Growth, yield, andrographolide content and total antioxidant activity of Kalmegh [*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees] under variable nitrogen rates and organic manures application in Indo-Gangetic plains of India. **Journal of Plant Nutrition** 47(20): 4048–4060.

ผลของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ปริมาณ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์
ในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีและนครราชสีมา

The Effects of Fertigation on Growth, Yield, and Seed Quality of Maize Grown
in Suphan Buri and Nakhon Ratchasima Provinces

กิติพัฒน์ กิจเศรณี ยุพา จอมแก้ว และชูชาติ สันทรทรัพย์*

Kitipat Kitsaranee, Yupa Chromkaew and Choochad Santasup*

ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Department of Plant Science and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiangmai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: santasup@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0002-3624-5838>

Received: April 17, 2025

Revised: August 5, 2025

Accepted: October 30, 2025

Abstract

A study on the effects of fertigation on growth, yield, and seed quality of maize was conducted in maize cultivation areas located in the Central region at U Thong district, Suphan Buri province, as well as in the Northeastern region at Soeng Sang district, Nakhon Ratchasima province. The objective was to compare the effects of different fertigation management practices on the growth, yield, and seed quality of forage maize. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD) with four replications, consisting of three fertilizer management treatments: (1) chemical fertilizer application at rates commonly practiced by farmers for forage maize seed production (FRGM)—Suphan Buri: 37.50 kg N rai⁻¹, 14.50 kg P₂O₅ rai⁻¹, and 16.50 kg K₂O rai⁻¹; Nakhon Ratchasima: 40.75 kg N rai⁻¹, 17.75 kg P₂O₅ rai⁻¹, and 21.75 kg K₂O rai⁻¹; (2) chemical fertilizer application at recommended rates for forage maize seed production (SSFM)—23.00 kg N rai⁻¹, 7.80 kg P₂O₅ rai⁻¹, and 5.10 kg K₂O rai⁻¹; and (3) a control treatment without chemical fertilizer application. The results showed that fertilizer management according to treatment 2, which applied 23.00 kg N rai⁻¹, 7.80 kg P₂O₅ rai⁻¹, and 5.10 kg K₂O rai⁻¹, was sufficient to achieve good maize yield. Moreover, treatments 1 and 2 did not result in significant differences in plant height, dry matter accumulation, leaf greenness (SPAD value), macronutrient concentrations in leaves, yield quantity, or seed quality of forage maize at either location. The maize cultivated in Suphan Buri had an average yield ranging from 1.84 to 1.85 tons rai⁻¹, while maize grown in Nakhon Ratchasima had an average yield ranging from 1.02 to 1.12 tons rai⁻¹ (grain moisture content < 30%). Therefore, fertilizer management according to treatment 2, which used lower fertilizer input, could maintain yield levels comparable to those under farmers' conventional practice without affecting the quality of forage maize seed.

Keywords: fertigation, yield and quality of maize, fertilizer management for maize

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ปริมาณ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์ ได้ดำเนินการในพื้นที่ปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในเขตภาคกลาง ณ อำเภออุทุมพร จังหวัดสุพรรณบุรี และในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยในระบบน้ำหยดที่แตกต่างต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์ ศึกษาโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยการจัดการปุ๋ยที่ต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ 1) การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่เกษตรกรปฏิบัติในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์ (FRGM) (พื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี: 37.50 กก. N/ไร่ 14.50 กก. P₂O₅/ไร่ และ 16.50 กก. K₂O /ไร่ และพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา 40.75 กก. N/ไร่, 17.75 กก. P₂O₅/ไร่ และ 21.75 กก. K₂O /ไร่); 2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์ (SSFM) (23.00 กก. N/ไร่, 7.80 กก. P₂O₅/ไร่ และ 5.10 กก. K₂O /ไร่) และ 3) กรรมวิธีควบคุมโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ผลการศึกษาพบว่า การจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 23.00 กก. N/ไร่ ฟอสฟอรัสในอัตรา 7.80 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 5.10 กก./ไร่ ก็เพียงพอต่อการผลิตข้าวโพดเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี ทั้งนี้ การจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ไม่ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูง การสะสมน้ำหนักแห้ง ค่าความเขียวของใบ ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักไนโบปริมาณและคุณภาพผลผลิตข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์แตกต่างกันทั้ง 2 พื้นที่ โดยข้าวโพดที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.84-1.85 ตัน/ไร่ และข้าวโพดที่ปลูกในพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.02-1.12 ตัน/ไร่ (ความชื้นเมล็ดน้อยกว่า 30%) ดังนั้น การจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 ซึ่งใช้ปุ๋ยในอัตราที่ต่ำกว่าสามารถคง

ระดับผลผลิตที่ใกล้เคียงกับอัตราที่เกษตรกรใช้ ช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยโดยไม่กระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์

คำสำคัญ: การจัดการปุ๋ยในระบบน้ำหยด ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดข้าวโพด การจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวโพด

บทนำ

ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์เป็นอย่างมาก ในฤดูการผลิตเพาะปลูก พ.ศ. 2564/2565 ประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ประมาณ 7.08 ล้านไร่ คิดเป็นปริมาณผลผลิต 4.96 ล้านตัน/ไร่ โดยภาคเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดและยังเป็นแหล่งปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพสูง คิดเป็นร้อยละ 68.85 ของทั้งประเทศ (Office of Agricultural Economic, 2022) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันความต้องการใช้ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์ในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณผลผลิตภายในประเทศกลับมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นที่ให้ผลตอบแทนดีกว่า ในขณะที่ภาคอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ยังคงขยายตัวเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้ข้าวโพดอาหารสัตว์เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ยังคงเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องส่งเสริมการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์ภายในประเทศเพิ่มขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ

การผลิตข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์ในเชิงการค้า การใส่ปุ๋ยข้าวโพดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในการผลิตเพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ ซึ่งต้องการเมล็ดที่มีคุณภาพสูง โดยทั่วไปแล้วผลผลิตข้าวโพด 1 ตัน/ไร่ ต้องการธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P₂O₅) และโพแทสเซียม (K₂O) ประมาณ 26, 10 และ 21 กก./ไร่ ตามลำดับ (Wichmann, 1992) ในขณะที่ Department of Agriculture (2021) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยเคมี

สูตร 16-16-8 หรือสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ รอกันหลุมพร้อมปลูก และปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 30 กก./ไร่ โดยโรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรุนดิน จะเห็นได้ว่าคำแนะนำดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงความต้องการ ปุ๋ยของข้าวโพดและปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน ซึ่งอาจ ทำให้เกิดการใส่ปุ๋ยไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร จาก การศึกษาของ Adhikari *et al.* (2016) ซึ่งทำการทดลอง ภาคสนามในพื้นที่ ณ ชิตวัน ประเทศเนปาล โดยใช้การ ทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) ทั้งหมด 4 ซ้ำ และใช้พันธุ์ข้าวโพดเจริญเติบโตเร็ว Arun-1 EV พบว่าการ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 46-0-0 อัตรา 24 กก./ไร่ โดยแบ่งใส่ 4 ครั้ง เมื่อต้นข้าวโพดอายุ 30, 45, 60 และ 75 วันหลังปลูก ก็เพียงพอ ต่อความต้องการของข้าวโพดอาหารสัตว์ ในขณะที่ Li *et al.* (2023) ได้ศึกษาการปลูกข้าวโพดในพื้นที่กิ่งแห้ง แล้งทางตะวันตกเฉียงเหนือของสาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่าไนโตรเจนในอัตรา 28.80 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ย ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตรา 19.20 และ 21.60 กก./ไร่ ส่งผลให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโต การดูดใช้ธาตุ อาหาร และปริมาณผลผลิตได้ดีที่สุด

นอกจากการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมแล้ว การ จัดการน้ำที่เหมาะสมก็เป็นปัจจัยที่สำคัญในการผลิตพืช ระบบการผลิตข้าวโพดทั่วไปมีการให้น้ำแบบปล่อยตามร่อง ปลูก ซึ่งมีรายงานเกี่ยวกับการใช้น้ำว่า การให้น้ำแบบ ปล่อยตามร่องมีการใช้น้ำมากถึง 1,091 ลบ.ม./ไร่ (Morad *et al.*, 2009) โดยประสิทธิภาพการใช้น้ำในชลประทาน แบบน้ำหยดมีมากกว่าการปล่อยน้ำตามร่องปลูก ดังนั้น ใน พื้นที่ที่มีปัญหาขาดแคลนน้ำ การใช้ระบบชลประทานแบบ น้ำหยดจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นวิธีการให้น้ำ ที่มีประสิทธิภาพในขอบเขตที่จำกัด (บริเวณโคนต้นพืช) และมีโอกาสสูญเสียน้ำน้อยมาก นอกจากนั้น การใช้ ชลประทานแบบน้ำหยดยังสามารถให้ปุ๋ยไปพร้อมกับ ระบบชลประทานได้ (fertigation) จึงสามารถช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการใส่ปุ๋ย ลดการสูญเสียน้ำปุ๋ยเคมีสู่ สิ่งแวดล้อมและควบคุมปริมาณปุ๋ยได้อย่างสม่ำเสมอ ทำให้ พืชมีประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชดีขึ้น

(Phanomtornitkul, 2000) จากการศึกษาของ Zarski and Kusmierk (2023) การใส่ปุ๋ยไปพร้อมกับระบบ ชลประทานน้ำหยดสามารถทำให้ข้าวโพดมีปริมาณผลผลิต เพิ่มมากขึ้น 25% เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยทางดิน ร่วมกับการให้น้ำตามร่องปลูก และสามารถทำให้ผลผลิต เพิ่มสูงขึ้น 85% เมื่อปลูกข้าวโพดในฤดูแล้ง สอดคล้องการ กับศึกษาของ Lui *et al.* (2011) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยใน ระบบชลประทานน้ำหยดสำหรับการผลิตข้าวโพดที่ สาธารณรัฐประชาชนจีน ข้าวโพดมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ประมาณ 12.7% เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยทางดิน ซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ การใส่ปุ๋ยในระบบ ชลประทานน้ำหยดนอกจากจะช่วยให้ข้าวโพดมีปริมาณ ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้ข้าวโพดมีคุณภาพผลผลิต เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน โดย Bibe *et al.* (2017) พบว่าการใส่ปุ๋ย ในระบบชลประทานน้ำหยดส่งผลให้ข้าวโพดมีจำนวนเมล็ด ต่อฝักและน้ำหนักเมล็ดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยทางดิน จากการศึกษาของ Delbaz *et al.* (2023) การใส่ปุ๋ยไปพร้อมกับระบบชลประทานน้ำหยดในการผลิตพืช ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและการ จัดการน้ำ 26% และ 51% เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ย ทางดิน นอกจากนั้นยังช่วยลดปริมาณการใส่ปุ๋ยในภาพรวมลง 25% โดยไม่ทำให้พืชที่ปลูกมีปริมาณผลผลิตลดลง

ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบผลของกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยในระบบน้ำหยด ที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์ในพื้นที่อำเภออุทอง จังหวัด สุพรรณบุรี และอำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษา: ดำเนินการปลูกข้าวโพดในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2564 - เมษายน พ.ศ. 2565 จำนวน 2 พื้นที่ ได้แก่พื้นที่แปลงข้าวโพด ตำบลดอนคา อำเภออุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี พิกัดละติจูด 14.4278892 N ลองจิจูด 99.8839556 E (ชุดดินตาคลี) และพื้นที่แปลงข้าวโพด

ตำบลกุดโบสถ์ อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ พิกัด ละติจูด 14.4813889 N ลองจิจูด 102.5234722 E (ชุด ดินโซคซัย) (Land Development Station, 2013) ก่อนเริ่ม ทำการทดลอง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูก ข้าวโพดของเกษตรกร โดยเก็บตัวอย่างแบบผสมรวม (composite sampling) ที่ความลึก 15 ซม. เพื่อทำการ วิเคราะห์สมบัติดินโดยทำการวิเคราะห์ pH และค่าการนำ ไฟฟ้า (EC) โดยใช้ดินแห้งผ่านตะแกรง 2 มม. ผสมกับ น้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:2.5 (ดิน:น้ำ) คนให้เข้ากันและ พักไว้ 30 นาที จากนั้นวัดค่า pH และ EC จากสารละลาย ส่วนใสด้วยเครื่อง pH meter และ EC meter ส่วนการ

วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ใช้วิธี Walkley-Black โดยชั่งดินแห้งละเอียด 1 กรัม ทำปฏิกิริยากับ สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตและกรดซัลฟิวริก เข้มข้น และไทเทรตเพื่อตรวจวัดค่า OM (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ด้วยน้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (available K) ด้วยน้ำยา สกัด NH_4OAc 1 M pH 7 (Helmke and Sparks, 1996) ผลการศึกษาแสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Soil properties in Suphan Buri province and Nakhon Ratchasima province

Soil properties	Location	
	Suphan Buri	Nakhon Ratchasima
pH	8.22	6.84
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	58.23	29.93
OM (%)	2.51	2.40
Total N (%)	0.13	0.12
Available P (mg kg^{-1})	111.62	13.71
Available K (mg kg^{-1})	513.00	201.49

ทำการวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 กรรมวิธีการทดลอง ได้แก่ 1) ใส่ ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำในการปลูกข้าวโพด (อัตราที่ เกษตรกรนิยมใช้ในพื้นที่) (Fertilizer Recommendation Rate for Growing Field Corn: FRGC) โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ($\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$) ในอัตรา 37.50 : 14.50 : 16.50 กก./ไร่ ในพื้นที่อำเภอลำดวน จังหวัด

สุพรรณบุรี (Table 2) และในอัตรา 40.75 : 17.75 : 5.10 กก./ไร่ สำหรับพื้นที่อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ (Table 3) 2) ใส่ปุ๋ยแบบเจาะจงเฉพาะพื้นที่ (Site-Specific Fertilizer Management: SSFM) โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ($\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$) ในอัตรา 23 : 7.80 : 5.10 กก./ไร่ โดยทั้ง 2 พื้นที่ใส่อัตราเท่ากัน (Table 4) และ 3) กรรมวิธีควบคุมไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (control) ดัง Figure 1 และ Figure 2

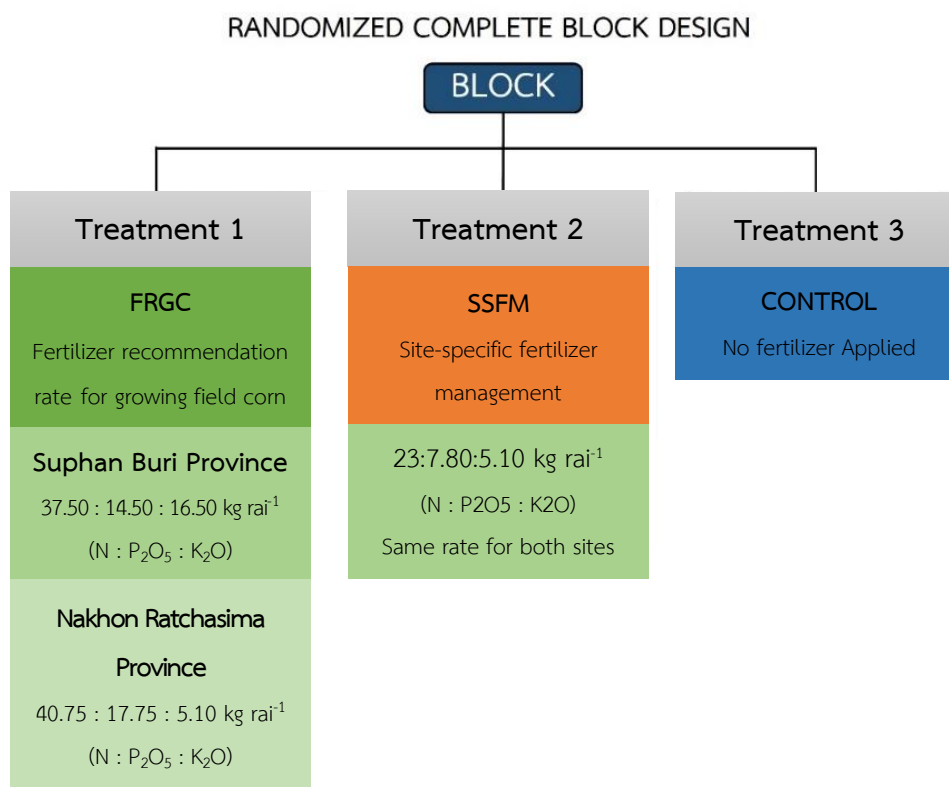


Figure 1 Randomized Complete Block Design: RCBD

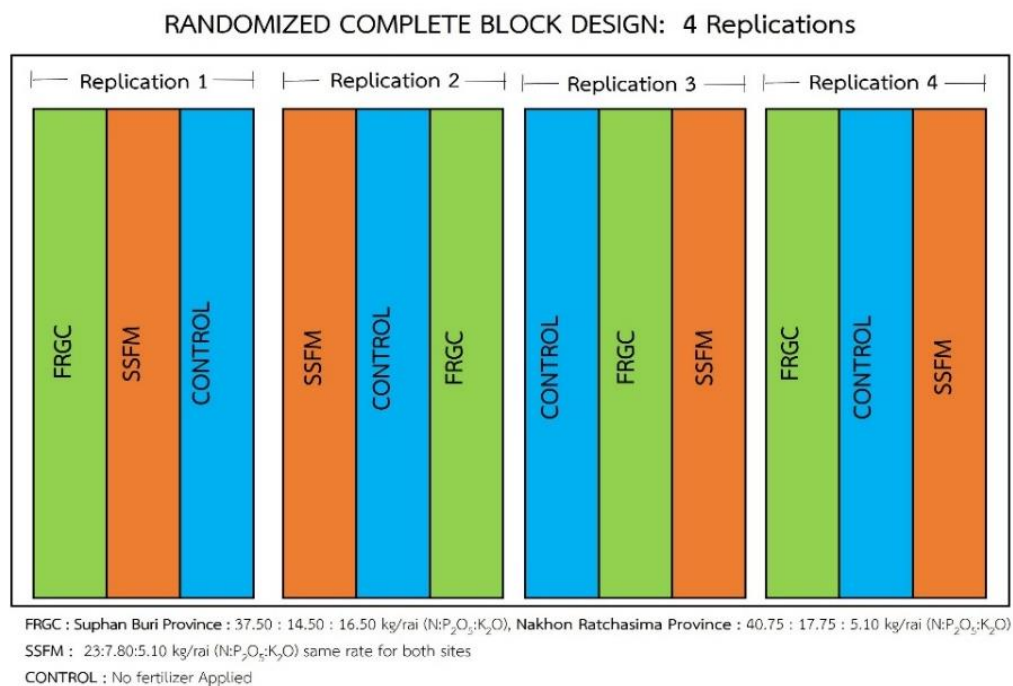


Figure 2 Randomized Complete Block Design: 4 Replications

Table 2 Fertilizer application program in treatment 1 (FRGM) in U Thong district, Suphan Buri province

Fertilizer grade	Fertilization rate at each growth stage (kg rai ⁻¹)			Rate (kg rai ⁻¹)
	0 DAP ¹	25 DAP	40 DAP	
15-15-15	50 ²	25 ³	-	75
46-0-0 ³	-	25	25	50
13-13-21 ³	-	-	25	25

¹DAP = Day After Planting; ²basal dressings, ³fertigation

Table 3 Fertilizer application program in treatment 1 (FRGM) in Seingsang district, Nakhon Ratchasima province

Fertilizer grade	Fertilization rate at each growth stage (kg rai ⁻¹)						Rate (kg rai ⁻¹)
	0 DAP ¹	10 DAP	20 DAP	30 DAP	55 DAP	70 DAP	
15-15-15	30 ²	25 ³	20 ³	-	-	-	75
46-0-0 ³	-	-	10	40	-	-	50
13-13-21 ³	-	-	-	-	25	25	50

¹DAP = Day After Planting; ²basal dressings, ³fertigation

Table 4 Fertigation application program in treatment 2 (SSFm)

Fertilization period (DAP)	Fertilization rate (kg rai ⁻¹)	
	46-0-0	0-52-34
0	-	-
7	2.61	0.58
14	2.61	0.58
21	3.26	0.96
28	4.35	0.96
35	4.78	1.92
42	5.22	2.88
49	6.09	1.54

Table 4 (Continued)

Fertilization period (DAP)	Fertilization rate (kg rai ⁻¹)	
	46-0-0	0-52-34
56	6.52	1.15
63	5.43	2.12
70	3.26	0.58
77	2.61	0.58
80	2.17	0.58
84	1.09	0.58
Total	50	15

การปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์: แปลงทดลองที่จังหวัดสุพรรณบุรี ใช้ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม (ไฮบริด) เบอร์ 9919C ปลูกแบบแถวคู่ (ปลูกคร่อมสายน้ำหยด) มีระยะปลูก 0.50 เมตร x 0.20 เมตร และปลูกข้าวโพดตัวผู้ 1 แถว สลับกับข้าวโพดตัวเมีย 5 แถว (Spilt ratio 1:5) โดยปลูกตัวผู้ก่อนข้าวโพดตัวเมีย 3 วัน และปลูกตัวผู้พร้อมตัวเมียอีก 1 ครั้ง หรือเรียกว่า ระบบ -3 0 สำหรับพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาใช้ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม (ไฮบริด) เบอร์ 9979C ปลูกแบบแถวคู่ (คร่อมสายน้ำหยด) มีระยะปลูก 0.70 เมตร x 0.18 เมตร และปลูกข้าวโพดตัวผู้ 2 แถว สลับกับข้าวโพดตัวเมีย 6 แถว (Spilt ratio 1:3) โดยปลูกตัวผู้ก่อนข้าวโพดตัวเมีย 3 วัน และปลูกตัวผู้พร้อมตัวเมียอีก 1 ครั้ง หรือเรียกว่า ระบบ -3 0

การเก็บบันทึกข้อมูล: ที่ระยะ 20, 40 และ 60 วันหลังปลูก (Day After Planting: DAP) บันทึกการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative phase) โดยการสุ่มวัดความสูงของข้าวโพดจำนวน 10 ต้น/ซ้ำ (วัดจากโคนต้นเหนือดินจนถึงปลายยอด) ที่ระยะเวลา 40 DAP วัดค่าความเขียวของใบ (Leaf greenness; SPAD unit) โดยวัดในใบข้าวโพดคู่ที่ 4 จำนวน 10 ต้น/ซ้ำ ด้วยเครื่อง Chlorophyll meter SPAD-502 plus เพื่อประเมินสถานะธาตุไนโตรเจนในใบ (Beegle *et al.*, 2008) และที่ระยะ 55 DAP ทำการเก็บใบใต้ฝักข้าวโพดมาอบแห้งในตู้อบ

ลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C จนน้ำหนักแห้งคงที่ นำตัวอย่างใบข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งไปบดด้วยเครื่องบดละเอียด เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในใบ โดยวิเคราะห์หาความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ด้วยวิธี Dry combustion (Matejovic, 2008) และนำตัวอย่างใบข้าวโพดที่บดละเอียดไปย่อยด้วยสารละลายกรดผสม (digestion mixture; H₂SO₄ - Na₂SO₄ - Se) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) ด้วยวิธีการดูดกลืนคลื่นแสง (Suwanwong, 2001) และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K) ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Kalra, 1998) ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (120 DAP) เก็บบันทึกข้อมูลปริมาณและคุณภาพผลผลิต โดยทำการเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ 2x2 เมตร ที่ระดับความชื้นเมล็ด 28-32% บันทึกน้ำหนัก 100 เมล็ด และวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Statistix for Window version 8

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเจริญเติบโต: ผลการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันในระบบน้ำหยดต่อความสูงข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์ของเกษตรกรที่อำเภออุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี (Table 5) พบว่าที่ระยะ 20 DAP การจัดการปุ๋ยทั้ง 3 กรรมวิธีไม่ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูงแตกต่างกัน โดยข้าวโพดมีความสูงอยู่ในช่วง 27.10-28.50 ซม. แต่ที่ระยะ 40 DAP พบว่าการจัดการปุ๋ยตาม SSFM (กรรมวิธีที่ 2) ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูงมากที่สุด (127.20 ซม.) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการจัดการปุ๋ยตาม FRGC (กรรมวิธีที่ 1) และกรรมวิธีควบคุม (กรรมวิธีที่ 3) อย่างไรก็ตาม ที่ระยะ 55 DAP พบว่าการจัดการปุ๋ยทั้ง 3 กรรมวิธีไม่ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในพื้นที่อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าที่ระยะ 20 DAP การจัดการปุ๋ยทั้ง 3 กรรมวิธีไม่ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูงแตกต่างกัน โดยข้าวโพดมีความสูงอยู่ในช่วง 27.10-28.50 ซม. แต่ที่ระยะ 40 DAP พบว่าการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูงมากที่สุด (127.20 ซม.) ซึ่งแตกต่างกับกรรมวิธีที่ 1 และ 3 โดยกรรมวิธีที่ 1 ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูง

น้อยที่สุด (111.70 ซม.) ที่ระยะ 55 DAP พบว่าการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 ยังคงส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูงมากที่สุด (54.08 ซม.) (รายละเอียดแสดงไว้ใน Table 5) ผลการศึกษาคั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 23.00 กก. N/ไร่ 7.80 กก. P₂O₅/ไร่ และ 5.10 กก. K₂O /ไร่ เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์ โดยไม่ทำให้ความสูงต้นและการสะสมน้ำหนักแห้งแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยตามอัตราที่เกษตรกรปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Noppan and Santasup (2016) ที่ได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยละลายช้าต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์ ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก พบว่าการใช้ปุ๋ยละลายช้าในอัตรา 75 กก./ไร่ (ให้ธาตุอาหาร NPK รวมประมาณ 20-10-10 กก./ไร่) สามารถให้ผลผลิตข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์เทียบเท่าหรือสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีธรรมดาในอัตราสูง (100 กก./ไร่) และไม่ทำให้ความสูงต้นหรือคุณภาพเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งทั้งสองการศึกษายืนยันหลักการเดียวกันว่า การจัดการปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมสามารถลดการใช้ปุ๋ยโดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิต

Table 5 Effects of different drip fertigation on plant height of maize in Suphan Buri and Nakhon Ratchasima Provinces

Treatment	Height (cm)					
	Suphan Buri			Nakhon Ratchasima		
	20 DAP	40 DAP	55 DAP	20 DAP	40 DAP	55 DAP
FRGM	27.90	111.70 b	180.20	25.40 ab	101.00 a	48.12 a
SSFM	28.50	127.20 a	176.30	28.60 a	102.30 a	54.08 a
Control	27.10	113.50 b	177.30	24.80 b	92.20 b	27.48 b
F-test (0.05)	ns	*	ns	*	*	ns
CV (%)	6.60	2.92	5.80	7.71	3.99	6.55

Mean in each column followed by different letters indicates significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level. ns = non-significant; DAP = Day After Planting

ค่าความเขียวของใบ (SPAD) และความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบ: ผลการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันในระบบน้ำหยดต่อค่า SPAD และความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบข้าวโพดที่ระยะ 40 DAP แสดงไว้ใน Table 6 ผลการศึกษาพบว่า ในพื้นที่อำเภออุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี การจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 ส่งผลให้ใบข้าวโพดมีค่า SPAD สูงที่สุดเท่ากับ 49.28 อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกับกรรมวิธีที่ 1 โดยกรรมวิธีที่ 3 ส่งผลให้ใบข้าวโพดมีค่า SPAD ต่ำที่สุดเท่ากับ 40.39 สำหรับความเข้มข้นธาตุอาหารหลักมีการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ไม่ส่งผลให้ใบข้าวโพดมีความเข้มข้นไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใบข้าวโพดมีความเข้มข้นไนโตรเจนสูงที่สุดในกรรมวิธีที่ 1 (3.17%) และมีความเข้มข้นต่ำที่สุด (2.62%) ในกรรมวิธีที่ 3 อย่างไรก็ตามการจัดการปุ๋ยทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่ส่งผลให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใบข้าวโพดมีความเข้มข้นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 0.20-0.23% และ 2.25-2.58% และพื้นที่อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ไม่ส่งผลให้ค่า SPAD ในใบข้าวโพดแตกต่างกัน โดยการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 ส่งผลให้ใบข้าวโพดมีค่า SPAD สูงสุด (47.50)

สำหรับความเข้มข้นธาตุอาหารหลัก พบว่าข้าวโพดมีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงที่สุดในการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 (3.27%) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกับการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 สำหรับความเข้มข้นฟอสฟอรัส พบว่าการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ไม่ส่งผลให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 3 ส่งผลให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสต่ำที่สุด (0.20%) อย่างไรก็ตาม การจัดการปุ๋ยทั้ง 3 กรรมวิธีไม่ส่งผลให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ โดยใบข้าวโพดมีความเข้มข้นโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 2.51-2.80% จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ไม่ส่งผลให้ค่า SPAD และความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 จังหวัดชี้ให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 23.00 กก. N/ไร่ 7.80 กก. P₂O₅/ไร่ และ 5.10 กก. K₂O/ไร่ ก็เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในใบข้าวโพดในระยะที่เริ่มติดใหม่ไม่แตกต่างกัน อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด สอดคล้องกับการศึกษาของ Canprasert (1999) ที่ทำการศึกษาความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบที่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ โดยทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบระยะออกใหม่ ซึ่งรายงานไว้ว่า ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบข้าวโพดที่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ในระยะออกใหม่ควรมีความเข้มข้นไนโตรเจน 2.40-2.50% ฟอสฟอรัส 0.28% และโพแทสเซียม 1.8% โดยความเข้มข้นไนโตรเจนและโพแทสเซียมในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ของทั้ง 2 พื้นที่ การศึกษาอยู่ในระดับที่เหมาะสม แต่กลับพบว่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบของพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดนครราชสีมา อยู่ในระดับต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (0.20-0.21% และ 0.24% ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามระดับฟอสฟอรัสดังกล่าว อยู่ในระดับที่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด เนื่องจากความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบได้ฝักยังคงสูงกว่าระดับที่ขาดแคลน โดยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบได้ฝักที่ระยะติดใหม่ที่มีค่าต่ำกว่า 0.15 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าพืชขาดฟอสฟอรัส (Mallarino and Webb, 1995) และปริมาณผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 6 Effects of different drip fertigation on nutrient concentration and SPAD in leaves

Treatment	Nutrient concentration in leaves (%)							
	Suphan Buri				Nakhon Ratchasima			
	SPAD	N	P	K	SPAD	N	P	K
FRGM	44.26 ab	3.17 a	0.20	2.53	45.62 a	3.26 a	0.24 a	2.51
SSFM	49.28 a	3.10 a	0.21	2.58	47.50 a	3.27 a	0.24 a	2.80
Control	40.39 b	2.62 b	0.23	2.25	39.09 b	2.83 b	0.20 b	2.65
F-test (0.05)	*	*	ns	ns	*	*	*	ns
CV (%)	6.62	2.74	6.4	16.87	3.82	2.28	8.38	16.79

Mean in each column followed by different letters indicates significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level. ns = non-significant

ปริมาณและคุณภาพผลผลิต: ผลการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันในระบบน้ำหยดต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์ในพื้นที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าการจัดการปุ๋ยทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่ส่งผลให้ข้าวโพดมีปริมาณผลผลิต น้ำหนัก 100 เมล็ด และอัตราการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวโพดมีปริมาณผลผลิต น้ำหนัก 100 เมล็ด และอัตราการงอกอยู่ในช่วง 1.67–1.85 ต้น/ไร่ 24.17–26.41 กรัม และ 93–97% ตามลำดับ และในพื้นที่อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 ส่งผลให้ข้าวโพดมีปริมาณผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1.12 ต้น/ไร่ แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 3 ที่มีปริมาณผลผลิตน้อยที่สุดเท่ากับ 0.74 ต้น/ไร่ เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่าการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 ส่งผลให้ข้าวโพดมีน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงมากที่สุด (36.73 กรัม) แตกต่างกับ โดยกรรมวิธีที่ 3 ส่งผลให้ข้าวโพดมีน้ำหนัก 100 เมล็ด น้อยที่สุด (33.54 กรัม) อย่างไรก็ตาม การจัดการปุ๋ยทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่ส่งผลให้ข้าวโพดมีอัตราการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7) โดยข้าวโพดมีอัตราการงอกอยู่ในช่วง 85.00–89.00% ซึ่งมีค่าไม่สูงมาก เนื่องจากช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูเก็บเกี่ยวนั้นมีฝนตก และพบเมล็ดมีจุดสีดำคล้ายเชื้อรา ทำให้อัตราการงอกต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Alderman *et al.* (2009)

ที่พบว่าการเข้าทำลายของโรคโดยเฉพาะเชื้อราส่งผลให้อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในลักษณะความงอกและความแข็งแรง จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธี ที่ 2 ส่งผลให้ข้าวโพดอาหารสัตว์มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด ดังนั้น การใส่ปุ๋ยในอัตรา 23.00 กก. N/ไร่ 7.80 กก. P₂O₅/ไร่ และ 5.10 กก. K₂O /ไร่ ร่วมกับระบบน้ำหยดก็เพียงพอต่อการผลิตข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์ โดย การใส่ปุ๋ยในอัตราที่น้อยแต่บ่อยครั้งมีประสิทธิภาพสูงกว่า การใส่ปุ๋ยในอัตราสูงเพียงครั้งเดียว (Adhikari *et al.*, 2016) โดย Rahmawati (2017) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 24 กก./ไร่ ส่งผลให้ข้าวโพดมีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส Masood *et al.* (2011) พบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 16 กก./ไร่ ส่งผลให้ข้าวโพดมีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่สูงกว่า 16 กก./ไร่ และ Ul-allah *et al.* (2020) ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 12 กก./ไร่ ส่งผลให้ข้าวโพดมีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด สำหรับคุณภาพผลผลิตนั้น ในภาพรวมการจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ไม่ส่งผลให้ข้าวโพดในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดนครราชสีมา มีน้ำหนัก 100 เมล็ด และอัตราการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 7 Effects of different drip fertigation on quantity and yield in Suphan Buri and Nakhon Ratchasima

Treatment	Suphan Buri			Nakhon Ratchasima		
	Yield (ton rai ⁻¹)	100 grains (g)	Germination rate (%)	Yield (ton rai ⁻¹)	100 grains (g)	Germination rate (%)
FRGC	1.84	25.55	96.00	1.02 ab	34.71 ab	85.00
SSFM	1.85	26.41	93.00	1.12 a	36.73 a	89.00
Control	1.67	24.17	97.00	0.74 b	33.54 b	85.50
F-test (0.05)	ns	ns	ns	*	*	ns
CV (%)	17.09	6.3	2.86	17.35	4.80	13.81

Mean in each column followed by different letters indicates significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level. ns = non-significant

สรุปผลการทดลอง

การจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโต ปริมาณและคุณภาพผลผลิตข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์ลูกผสม (ไฮบริด) เบอร์ 9919C ในสภาพไร่ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในเขตภาคกลาง ณ ตำบลดอนคา อำเภอดู่ดง จังหวัดสุพรรณบุรี และข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม (ไฮบริด) เบอร์ 9979C ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ ตำบลกุดโบสถ์ อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 23.00 กก. N/ไร่ 7.80 กก. P₂O₅/ไร่ และ 5.10 กก. K₂O/ไร่ ร่วมกับระบบน้ำหยดเป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์ โดยส่งผลให้ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์มีการเจริญเติบโต ปริมาณและคุณภาพผลผลิตสูงที่สุด การจัดการปุ๋ยดังกล่าวทำให้ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์อาหารสัตว์มีผลผลิตเมล็ดต่อไร่สูง น้ำหนักเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดดี ความชื้นเมล็ดต่ำกว่า 30% และค่าความเขียวของใบอยู่ในระดับเหมาะสม ทั้งนี้ แนะนำให้มีการทดสอบซ้ำในพื้นที่และฤดูกาลต่าง ๆ และพัฒนาการจัดการปุ๋ยแบบแม่นยำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยลดต้นทุน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากบริษัทมอนซานโต้ไทยแลนด์ จำกัด ที่ได้เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยเข้าเก็บรวบรวมข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการประสานงานกับกลุ่มเกษตรกรพันธะสัญญาในสังกัดของบริษัท ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่สละเวลาและให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Adhikari, K., B.R. Baral and J. Shrestha. 2016. Maize response to time of nitrogen application and planting seasons. *Journal of Maize Research and Development* 2(1): 83–93.
- Alderman, S.C., W. Pfender and C.M. Ocamb. 2009. Diseases in seed production. *Tall Fescue for the Twenty-first Century* 53: 427–434.

- Beegle, D.B., W. Piekielek and R. Fox. 2008. **Early Season Chlorophyll Meter Test for Corn.** Agronomy Facts 53. University Park: The Pennsylvania State University. 8 p.
- Bibe, S.M., K.T. Jadhav and A.S. Chavan. 2017. Response of irrigation and fertigation management on growth and yield of maize. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 6(11): 4054–4060.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. **Soil Science**. 59(1): 39–45.
- Canprasert, W. 1999. **Field crop seed technology.** Retrieved from https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/KPS/search_detail/result/183336.
- Delbaz, R., H. Ebrahimian and D. Ranazadeh. 2023. A global meta-analysis on surface and drip fertigation for annual crops under different fertilization levels. **Agricultural Water Management** 289: 108504.
- Department of Agriculture. 2021. **Soil Test-Based Fertilizer Recommendations for Major Economic Field Crops.** 100 p. *In* Research Report. Bangkok: Department of Agriculture Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. [in Thai]
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Standard Operating Procedure for Soil Organic Carbon Walkley-Black Method Titration and Colorimetric Method. Rome: FAO. 27 p.
- Helmke, P.A. and L. Sparks. 1996. Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium, and cesium. pp. 551–574. *In* Sparks, D.L., A.L. Page, P.A. Helmke and R.H. Loeppert (Eds.). **Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods.** Madison, WI.: SSSA Book Series No.5. SSSA and American Society of Agronomy.
- Kalra, Y.P. 1998. **Handbook of Reference Methods for Plant Analysis.** Boca Raton: CRC Press. 320 p.
- Land Development Station. 2013. **District soil map of Suphanburi province.** Retrieved from <http://r01.ldd.go.th/spb/SoilMap.html> [in Thai]
- Li, W., X. Gu and T. Chang. 2023. Optimizing nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization regimes to improve maize productivity under double ridge-furrow planting with full film mulching. **Agricultural Water Management** 287: 108439
- Lui, K., B.L. Ma and C. Li. 2011. Nitrogen phosphorus and potassium nutrient effects on grain filling and yield of high yielding summer corn. **Journal of Plant Nutrition** 34: 1516–1531.

- Mallarino, A.P. and J.R. Webb. 1995. Long-term evaluation of phosphorus and zinc interactions in corn. **Journal of Production Agriculture** 8(1): 52–55.
- Masood, T., R. Gul and H. Khan. 2011. Effect of different phosphorus levels on the yield and yield component of maize. **Sarhad Journal of Agriculture** 27(2): 167–170.
- Matejovic, I. 2008. **Total nitrogen in plant material determined by means of dry combustion: a possible alternative to determination by Kjeldahl digestion**. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/permissions>
- Morad, H., A. Mohammad and B. Simon. 2009. The effect of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. **Agricultural Water Management** 96(1): 93–99.
- Noppan, K. and C. Santasup. 2016. Appropriate fertilizer management for field corn seed production in Tak province. **Journal of Agricultural Research and Extension** 33(1): 10–19.
- Office of Agricultural Economics. 2022. **The situation of maize in Thailand**. Retrieved from <https://www.oae.go.th> [in Thai]
- Phanomtronitkul, M. 2000. **Soil Water Management for Sustainable Systems**. 1st Ed. Chiang Mai: Faculty of Agriculture, Chiangmai University. 487 p. [in Thai]
- Rahmawati, R. 2017. Effect of nitrogen fertilizer on growth and yield of maize composite variety Lamuru. **AgroTech Journal** 2(2): 36–41.
- Suwanwong, S. 2001. **Plant Nutrient Analysis**. Bangkok: Kasetsart University Press. 141 p. [in Thai]
- UI-Allah, S., M. Ijaz and K. Mahmood. 2020. Potassium application improves grain yield and alleviates drought susceptibility in diverse maize hybrids. **Plants** 9(75): 1–11. <https://doi.org/10.3390/plants9010075>
- Wichmann, W. 1992. **IFA World Fertilizer Use Manual**. Germany and France: BASF AG and IFA. 632 p.
- Zarski, J. and R.T. Kusmierk. 2023. Effects of drip irrigation and topdressing nitrogen fertigation on maize grain yield in central Poland. **Agronomy** 13(2): 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020360>

การเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญของปุ๋ยหมักที่ปลูกในวัสดุปลูกจากดินนา
ระยะปรับเปลี่ยนสู่อินทรีย์ที่เสริมด้วยวัตถุดิบอินทรีย์ต่างชนิด

Growth, and Phytochemicals of Collard Green (*Brassica oleracea* var. *acephala*
'Morris Heading') Grown in Growing Media from Transitioned-paddy Soil
to Organic Paddy Soil Supplemented with Different Organic Materials

เพชรรัตน์ พรหมทา¹ นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย^{1,*} สุนิสา เยาวสกุลมาศ¹ สายฝน ทดทะศรี¹ และนันทา สมเป็น²
Petcharat Promatar¹, Nitipat Pattanachatchai^{1,*}, Sunisa Yaowasakunmat¹, Saifon Todtasri¹
and Nandha Sompen²

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

²สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

¹Program in Agriculture, Faculty of Agriculture and Agricultural Industry, Surindra Rajabhat University, Surin, Thailand 32000

²Program in Animal Science, Faculty of Agriculture and Agricultural Industry, Surindra Rajabhat University, Surin, Thailand 32000

*Corresponding author: nitipat.pa@sru.ac.th

*ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0275-5768>

Abstract

Received: May 27, 2025

Revised: October 30, 2025

Accepted: November 24, 2025

This study aimed to evaluate the effects of supplementing paddy soil, after three years of transition to organic rice farming (T-PSOPS), with composted spent Bhutan oyster mushroom waste (SBOMW) mixed with dried Azolla (DA) and dried goat manure (DGM) on the growth performance and phytochemical properties of collard green 'Morris Heading' grown in planting bags. The experiment employed a completely randomized design with five treatments and six replications. The treatments consisted of T-PSOPS (control) (T₁); T₁ + SBOMW at a ratio of 20:2 kg (T₂); T₁ + 50% SBOMW co-composted with 50% DA at a ratio of 20:2 kg (T₃); T₁ + 50% co-composted with 50% DGM at a ratio of 20:2 kg (T₄); and T₁ + 50% SBOMW co-fermented with 25% DA and 25% DGM at a ratio of 20:2 kg (T₅). Results showed that the treatment with 50% SBOMW composted with 25% DA and 25% DGM yielded the highest leaf width (16.11±0.80 cm), leaf length (26.92±1.15 cm), leaf chlorophyll content (56.59±1.35 SPAD units), dry weight of leaves including petioles (20.60±0.90 g), total phenolic content (7.47±0.79 mg GAE g⁻¹ DW), and antioxidant activity (4.72±0.44 mg VitC g⁻¹ DW). Meanwhile, the mixture of 50% SBOMW and 50% DA produced the highest petiole length (7.77±0.39 cm) and total flavonoid content (45.81±2.74 mg QE g⁻¹ DW). Therefore, the specific combinations of organic amendments into

T-PSOPS were able to enhance both growth and phytochemical substances in collard green under planting bag conditions.

Keywords: collard green, phytochemical, spent mushroom, azolla, goat manure

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการเสริมก้อนเห็ดนางฟ้าภูฐานเก่า (ก้อนเห็ด) หมักร่วมกับແຫນແຕງແຫ້ງ (ແຫນແຕງ) และมูลแพะแห้ง (มูลแพะ) ลงในดินนาระยะปรับเปลี่ยนสู่นาอินทรีย์มาแล้ว 3 ปี (ดินนา) ที่มีต่อลักษณะการเจริญเติบโต ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของปุ๋ยหมักมูลสัตว์หรือปุ๋ยหมักในสภาพปลูกได้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 5 กรรมวิธี ๖ ซ้ำ คือ กรรมวิธีที่ 1 ดินนา (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ดินนา + ก้อนเห็ดหมักอัตราส่วน 20:2 กิโลกรัม กรรมวิธีที่ 3 ดินนา + ก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຕງ 50% อัตราส่วน 20:2 กิโลกรัม กรรมวิธีที่ 4 ดินนา + ก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับมูลแพะ 50% อัตราส่วน 20:2 กิโลกรัม และกรรมวิธีที่ 5 ดินนา + ก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຕງ 25% และมูลแพะ 25% อัตราส่วน 20:2 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของลักษณะการเจริญเติบโต ได้แก่ ความกว้างใบ (16.11 ± 0.80 ซม.) ความยาวใบ (26.92 ± 1.15 ซม.) คลอโรฟิลล์ใบ (56.59 ± 1.35 SPAD unit) น้ำหนักแห้ง (20.60 ± 0.90 กรัม) และสารพฤกษเคมี ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (7.47 ± 0.79 mgGAE g^{-1} DW) และความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (4.72 ± 0.44 mgVitc g^{-1} DW) เป็นผลมาจากการเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຕງ 25% และมูลแพะ 25% ลงในดินนา แต่การเสริมเฉพาะก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຕງ 50% มีผลต่อความยาวก้านใบ (7.77 ± 0.39 ซม.) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (45.81 ± 2.74 mgQE g^{-1} DW) เฉลี่ยสูงสุด ดังนั้น การเสริมก้อนเห็ดที่หมักร่วมกับແຫນແຕງและมูลแพะแห้งหรือที่หมักร่วมกับແຫນແຕງแห้งในอัตราส่วนตาม

ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นลงในดินนา สามารถเพิ่มทั้งการเจริญเติบโต และการสร้างสารพฤกษเคมีของปุ๋ยหมักปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยหมักในสภาพปลูก

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก สารพฤกษเคมี ก้อนเห็ดเก่า แຫນແຕງ มูลแพะ

บทนำ

ปุ๋ยหมักมูลสัตว์หรือปุ๋ยหมัก (*Brassica oleracea* var. *acephala* 'Morris Heading') เป็นพืชผักประเภทสองปี (biennial) ที่มีลำต้นเจริญเติบโตตั้งตรงสูง 2–3 ฟุต จากนั้นจึงสร้างใบจำนวนมาก ในส่วนยอดของลำต้นที่มีลักษณะคล้ายหัวกะหล่ำปลีที่ใบห่อตัวยึดติดกับลำต้นอย่างหลวม ๆ (Stephen, 1994) มีสารประกอบหลายชนิดที่มีศักยภาพในการต้านมะเร็งที่มีศักยภาพ (Vetrano *et al.*, 2013) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อดัชนีความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ คือ พันธุกรรม สภาพแวดล้อม และการปฏิบัติในการเพาะปลูก (Bravo, 1998) ซึ่งผักในตระกูลกะหล่ำหลายชนิดที่ปลูกแบบอินทรีย์มีค่าความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิก สูงกว่าวิธีการปลูกตามแบบแผนที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ (Sakunasing and Kangsadalampai, 2008)

เนื่องจากดินนาในระยะปรับเปลี่ยนสู่การทำนาแบบอินทรีย์มาแล้ว 3 ปี ยังคงมีข้อจำกัดด้านธาตุอาหารพืชในปริมาณค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของปุ๋ยซึ่งเป็นผักกินใบ และยังไม่ปรากฏรายงานเกี่ยวกับปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปุ๋ยหมักมาก่อน การนำก้อนเห็ดเก่าจำนวนมากที่เหลือหลังจากเก็บเกี่ยวเห็ดแล้วเพื่อหมუნเวียนมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช โดยการเสริมลงในดินนาร่วมกับແຫນແຕງ

และมูลแพะที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงช่วยลดข้อจำกัดด้านปริมาณธาตุอาหารพืชของดินดังกล่าวได้ เพราะก้อนเห็ดเก่าเป็นแหล่งของธาตุอาหารรองของพืชหลายชนิด (Kadiri and Mustapha, 2010) การเสริมก้อนเห็ดเก่าลงในดินปลูกมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตในพืชหลายชนิด (Idowu and Kadiri, 2013) แหนแดงเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่มีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต่ำจึงปลดปล่อยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้อย่างรวดเร็ว (Kaewsuralikhit and Thangraa, 2014) มูลแพะเป็นแหล่งของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ (Office of Science for Land Development, 2024) การผสมมูลแพะร่วมกับก้อนเห็ดเก่าในสัดส่วน 60:40 และ 80:20 มีผลต่อปริมาณเฉลี่ยของธาตุอาหารหลักที่สูง และมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ลดลง (Jamaludin *et al.*, 2012) และยังมีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์และฟีนอลเฉลี่ยในกะหล่ำปลีสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีและการไม่ให้ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ (Obidola *et al.*, 2019)

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าวัสดุอินทรีย์เป็นแหล่งของธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชค่อนข้างครบถ้วน และเมื่อสลายตัวจะปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาเป็นประโยชน์กับพืชอย่างช้า ๆ การเสริมวัสดุอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดร่วมกับดินนา ยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ส่งผลต่อการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก ซึ่งส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชที่มีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสง โดยกลูโคสที่ได้จะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์สารเมแทบอลิซึมตามลำดับ (Stern *et al.*, 2003) โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่มุ่งเน้นในการนำก้อนเห็ดนางฟ้าภูฐานเก่ากลับมาใช้เป็นส่วนผสม ร่วมกับแหนแดงแห้งและมูลแพะแห้ง ก่อนนำมาเสริมลงในดินนาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกปุ๋ยปล่อยปุ๋ยอินทรีย์ ในการศึกษาการเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญในสภาพปลูก

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) 5 กรรมวิธี ทำ 6 ซ้ำ ๆ ละ 2 ต้น ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ดินนา ปริมาณ 22 กิโลกรัมต่อถุงปลูก (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2-5 ดินนา ปริมาณ 20 กิโลกรัมต่อถุงปลูก ผสมกับวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ก้อนเห็ดหมักปริมาณ 2 กิโลกรัม ก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับแหนแดง 50% ปริมาณ 2 กิโลกรัม ก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับมูลแพะ 50% ปริมาณ 2 กิโลกรัม และก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับแหนแดง 25% และมูลแพะ 25% ปริมาณ 2 กิโลกรัม ตามลำดับ หมักวัสดุอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดตามสัดส่วนโดยปริมาตรที่กำหนด ในแต่ละกรรมวิธีเป็นเวลา 60 วัน ก่อนนำไปเสริมลงในกรรมวิธีควบคุม ย้ายปุ๋ยแล้วพันธุ์มอริสเฮดติงอายุ 120 วัน ลงปลูกในถุงปลูกชนิด high density polyethylene สีขาวขนาด 8X15 นิ้ว จำนวน 1 ต้นต่อถุง จัดเรียงในโรงเรือนปลูกพืชทดลองขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 6x12x3 เมตร ที่คลุมด้วยมุ้งไนลอนกันแมลงสีขาวขนาด 32 เมช หลังคาคลุมด้วยพลาสติกชนิดป้องกันรังสียูวี บันทึกข้อมูลครั้งเดียวหลังย้ายปลูก 95 วัน ได้แก่ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวก้านใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ใบ น้ำหนักแห้งใบรวมก้านใบ ปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินนาและวัสดุอินทรีย์

ดินนาที่ใช้ในการศึกษาเป็นชุดดินชำนาญ (Cni Series; Fine-silty, Mixed, Semiactive, Isohyperthermic Aquic (plinthaquic) Haplustalfs) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) (Land Development Department, 2022) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ยังคงใช้ปลูกข้าวและผ่านการปรับเปลี่ยนเข้าสู่วิธีการ

จัดการดินแบบอินทรีย์มาแล้วเป็นเวลา 3 ปี โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตรจากผิวดิน วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า อินทรีย์วัตถุ ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุบางชนิด ก้อนเห็ดและมูลแพะวัดความเป็นกรด-ด่างและการนำไฟฟ้าโดยพีเอชมิเตอร์และอีซีมิเตอร์ตามลำดับ ไนโตรเจนวัดโดยวิธี KCl extraction method ฟอสฟอรัสวัดโดยวิธี Vanadomolybdate โปแทสเซียมและธาตุรองวัดโดยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer กำมะถันวัดโดยวิธี BaCl₂ method และโบรอนวัดโดยวิธี Azomethine-H ส่วนแฉางวัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Dumas combustion ฟอสฟอรัสวัดโดยวิธี Vanadomolybdate โปแทสเซียมธาตุรองและจุลธาตุวัดโดยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer และโบรอนวัดโดยวิธี Azomethine-H ตามวิธีการของห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Table 1)

การสกัดสารฟุกษเคมีและความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

เก็บใบพืชทดลองทุกใบในแต่ละต้นโดยตัดก้านใบชิดกับลำต้น และหั่นโดยละเอียดคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอจากนั้นสูบลม 150 กรัม ในแต่ละหน่วยทดลองเพื่อนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วบดให้เป็นผงละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงซั้งผงตัวอย่างมา 5 กรัม เติมนเมทานอล 99.9% ปริมาณ 20 มล. สกัดโดยคลื่นอัลตราซาวด์ที่ความถี่ 60 เฮิรซ์ ณ อุณหภูมิ 50°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำเฉพาะสารสกัดที่ได้ไปใช้เพื่อตรวจวัดปริมาณสารฟุกษเคมีทั้ง 2 ชนิด และความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

วัดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu ที่ดัดแปลงจากวิธีของ Yingngam *et al.* (2014) รายงานปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วยของ Gallic Acid Equivalent (GAE) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของตัวอย่าง นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร โดย OD765 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง slope คือ ความชันจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (0.006) dilution คือ ค่าการเจือจางตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์ (2 เท่า) volume คือ ปริมาณของสารสกัดทั้งหมด (20 มล.) และ W คือ น้ำหนักของตัวอย่างของพืชแห้ง (1 กรัม)

$$\text{mgGAE/gDW} = \left[\frac{\text{OD765} + 0.0523}{\text{slope}} \right] \frac{\text{dilution} \times \text{volume}}{1000 \times W}$$

วัดปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดโดยวิธี Aluminium trichloride (AlCl₃) ที่ดัดแปลงจากวิธีของ Kaewnarin *et al.* (2014) รายงานปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของเคอควิเซติน (Quercetin Equivalent: QE) ต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของตัวอย่าง นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร โดย OD415 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง slope คือ ความชันจากกราฟมาตรฐานเคอควิเซติน (0.0032) dilution คือ ค่าการเจือจางตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์ (5 เท่า) volume คือ ปริมาณของสารสกัดทั้งหมด (20 มล.) และ W คือ น้ำหนักของตัวอย่างของพืชแห้ง (1 กรัม)

$$\text{mgQE/gDW} = \left[\frac{\text{OD415} + 0.0214}{\text{slope}} \right] \frac{\text{dilution} \times \text{volume}}{1000 \times W}$$

Table 1 Chemical properties and plant nutrients content of three years transitioned-paddy soil to organic paddy soil (T-PSOPS), spent oyster mushroom Bhutan waste (SBOMW), dried azolla (DA) and dried goat manure (DGM)

Chemical properties and plant nutrients	T-PSOPS	SBOMW	DA	DGM
1. pH	6.38	6.42	N/A	8.41
2. EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	9.00	3.12	N/A	12.55
3. OM (%)	0.49	N/A	N/A	N/A
4. N (%)	0.04	N/A	3.82	N/A
Exch. NH_4^+ - N (mg kg^{-1})	N/A	77.65	N/A	299.41
Exch. NO_3^- - N (mg kg^{-1})	N/A	< 5.00	N/A	77.65
5. CEC (cmolc kg^{-1})	4.39	N/A	N/A	N/A
6. total P (%)	N/A	0.30	0.57	0.32
Avail.P (mg kg^{-1})	28.41	N/A	N/A	N/A
7. total K (%)	N/A	0.55	2.75	2.46
Exch.K (mg kg^{-1})	6.32	N/A	N/A	N/A
8. total Ca (%)	N/A	2.09	1.67	1.27
Exch.Ca (mg kg^{-1})	465.80	N/A	N/A	N/A
9. total Mg (%)	N/A	0.37	0.28	0.52
Exch.Mg (mg kg^{-1})	26.22	N/A	N/A	N/A
10. total Fe (mg kg^{-1})	N/A	229.82	1,964.57	1,763.00
Avail.Fe (mg kg^{-1})	55.95	N/A	N/A	N/A
11. total Mn (mg kg^{-1})	N/A	190.47	2,136.17	1,235.33
Avail.Mn (mg kg^{-1})	15.78	N/A	N/A	N/A
12. total Zn (mg kg^{-1})	N/A	44.28	68.93	58.22
Avail.Zn (mg kg^{-1})	11.85	N/A	N/A	N/A

N/A = Not Available; Depending on the type of organic materials were analyzed.

ทดสอบความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay ที่ดัดแปลงจาก Yingngam *et al.* (2014) คำนวณค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% inhibition) ของสารละลายมาตรฐานแอสคอร์บิกแอซิดในแต่ละความเข้มข้นจากสูตร

$$\% \text{ inhibition} = \frac{A_0(A_1 - A_2)}{A_0} \times 100$$

โดย A_0 คือ เมทานอล 0.30 มล. + สารละลาย DPPH 1.50 มล. A_1 คือ สารสกัดจากตัวอย่างพืช 0.30 มล. + สารละลาย DPPH 1.50 มล. และ A_2 คือ สารสกัดจากตัวอย่างพืช 0.30 มล. + เมทานอล 1.50 มล. เปรียบเทียบค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระที่คำนวณได้กับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในรูปแอสคอร์บิกแอซิด จากสมการเส้นตรง $y = 2.3871x - 5.2143$, $r^2 = 0.9915$ ซึ่งสร้างจากกราฟมาตรฐานความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของแอสคอร์บิกแอซิด โดย Y คือ ค่า % การยับยั้งอนุมูลอิสระ และ X คือ ความเข้มข้นของแอสคอร์บิกแอซิด คำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เมื่อเปรียบเทียบในรูปของแอสคอร์บิกแอซิด รายงานความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในหน่วยมิลลิกรัมวิตามินซีต่อพืชแห้ง 1 กรัม นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร โดย % inhibition คือ ค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ slope คือ ความชันจากกราฟมาตรฐานแอสคอร์บิกแอซิด (2.3871) dilution คือ ค่าการเจือตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์ (3 เท่า) volume คือ ปริมาณของสารละลายทั้งหมด (20 มล.) และ W คือ น้ำหนักของตัวอย่างผงพืชแห้ง (1 กรัม)

$$\text{mgVitC g}^{-1} \text{ DW} = \left[\frac{\% \text{inhibition} + 5.2143}{\text{slope}} \right] \frac{\text{dilution} \times \text{volume}}{1000 \times W}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาตรวจสอบคุณสมบัติตามข้อกำหนดเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนก่อนดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ วิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเฉพาะสารพฤกษเคมีและความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ผลการวิจัย

ลักษณะการเจริญเติบโตสู่พันธุ์มอริสเฮดติง

ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดอย่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) คือ 15.90, 16.37 และ 16.11 ซม. ตามลำดับ เป็นผลมาจากการเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຕງหรือมูลแพะชนิดละ 50% และการเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຕງร่วมกับมูลแพะชนิดละ 25% ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด 26.92 ซม. และน้ำหนักแห้งของใบรวมกันใบ เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 20.60 กรัม อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) เป็นผลมาจากการเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຕງและมูลแพะชนิดละ 25% อย่างไรก็ตามการเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຕງ 50% มีผลต่อความยาวก้านใบเฉลี่ยสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) คือ 7.77 ซม. (Table 2)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ใบเฉลี่ยสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) คือ 56.40 และ 56.59 SPADunit ตามลำดับ เป็นผลมาจากการเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับมูลแพะ 50% หรือร่วมกับແຫນແຕງและมูลแพะ ชนิดละ 25% (Table 2)

Table 2 Leaf width (LW), leaf length (LL), petiole length (PL), leaf chlorophyll content (LCC) and dry weight of leaves including petioles (DWLIP) of collard green cv Morris Heading as supplemented with different ratio of organic materials

Treatments	LW (cm)	LL (cm)	PL (cm)	LCC (SPADunit)	DWLIP (g)
1. T-PSOPS 22 kg pb ⁻¹	13.99b	19.60d	5.35d	50.36b	15.52c
2. T-PSOPS : SBOMW = 20:2 kg	13.27b	21.00c	7.28b	50.81b	17.08b
3. T-PSOPS : SBOMW 50% + DA50% = 20 : 2 kg	15.90a	23.52b	7.77a	50.33b	17.51b
4. T-PSOPS : SBOMW 50% + DGM50% = 20 : 2 kg	16.37a	23.27b	6.05c	56.40a	17.20b
5. T-PSOPS : SBOMW 50% + DA25% + DGM25% = 20 : 2 kg	16.11a	26.29a	7.57ab	56.59a	20.60a
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	6.19	4.74	5.56	3.08	6.09

Means in the same column with the same letters are not significantly different by DMRT at 0.01.

** statistically significant difference at the 0.01 level

สารพฤกษเคมี

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) เป็นผลมาจากการเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับแห่นแดงหรือมูลแพะชนิดละ 50% หรือร่วมกับแห่นแดงและมูลแพะชนิดละ 25% และการไม่เสริมวัสดุอินทรีย์ คือ 6.67, 7.71, 7.47 และ 7.31 mgGAE g⁻¹ DW ตามลำดับ ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) คือ

45.81 mgQE g⁻¹ DW เป็นผลมาจากการเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับแห่นแดง 50% ความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) เป็นผลมาจากการเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับแห่นแดงหรือมูลแพะชนิดละ 50% หรือร่วมกับแห่นแดง 25% และมูลแพะ 25% คือ 4.72, 4.65 และ 4.72 mgVitC g⁻¹ DW ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC) and antioxidant activity (AA) of collard green cv Morris Heading as supplemented with different ratio of organic materials

Treatments	TPC (mgGAE g ⁻¹ DW)	TFC (mgQE g ⁻¹ DW)	AA (mgVitC g ⁻¹ DW)
1. T-PSOPS 22 kg pb ⁻¹	7.31a	34.34c	4.13ab
2. T-PSOPS : SBOMW = 20.2 kg	4.19b	27.98d	3.55b
3. T-PSOPS : SBOMW 50% + DA50% = 20 : 2 kg	6.67a	45.81a	4.72a
4. T-PSOPS : SBOMW 50% + DGM50% = 20 : 2 kg	7.71a	38.24b	4.65a
5. T-PSOPS : SBOMW 50% + DA25% + DGM25% = 20 : 2 kg	7.47a	35.52bc	4.72a
F-test	**	**	**
CV (%)	13.89	7.71	13.59

Means in the same column with the same letters are not significantly different by DMRT at 0.01.

**statistically significant difference at the 0.01 level

วิจารณ์ผลการวิจัย

ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเสริมด้วยแทนแดง และมูลแพะร่วมกับก้อนเห็ด แต่สูงกว่าการไม่เสริมวัสดุอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด และการเสริมเฉพาะก้อนเห็ด แสดงให้เห็นว่าวัสดุอินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม ซึ่งมีปริมาณธาตุหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุที่แตกต่างกัน (Table 1) โดยมีปริมาณธาตุอาหารทั้ง 3 กลุ่มในระดับต่ำ ดังนั้นการเสริมด้วยแทนแดงร่วมกับมูลแพะจึงช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าวได้ เนื่องจากมีผลต่อการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักและลดอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (Jamaludin *et al.*, 2012) การเสริมด้วยก้อนเห็ดที่หมักร่วมกับแทนแดงชนิดละ 50% มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนและโพแทสเซียม (Table 1) ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโครงสร้างพืช (Mengel and Kirby, 2001) ในขณะที่โพแทสเซียมมีผลโดยทางอ้อมความยาวก้านใบ เนื่องจากเป็นธาตุเกี่ยวข้อง

กับกระบวนการทางสรีรวิทยา และการสังเคราะห์โปรตีนในทุกขั้นตอน (Trakoonyingcharoen, 2021)

การเสริมเฉพาะก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับมูลแพะ 50% หรือร่วมกับแทนแดงและมูลแพะชนิดละ 50% มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนรวมกันจากทั้ง 3 แหล่ง เท่ากับ 4.1278% (Table 1) เนื่องจากเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของส่วนหัวที่ขอบน้ำของคลอโรฟิลล์ (Mohr and Schopfer, 1995) จึงมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ใบ (Brojovic and Stojanovic, 2005; Fritschi and Ray, 2007) นอกจากนี้แล้วธาตุฟอสฟอรัสที่พบในวัสดุอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจมีผลต่อการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ใบเฉลี่ย เนื่องจากระดับของฟอสฟอรัสลดต่ำลงมีผลต่อการลดลงของคลอโรฟิลล์ (Hossain *et al.*, 2010) ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมที่พบในก้อนเห็ดมีปริมาณต่ำกว่าที่พบในมูลแพะและแทนแดง 4.5-5 เท่า (Table 1) การเสริมวัสดุอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด อาจมีผลต่อการสังเคราะห์

คลอโรฟิลล์ได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทในการคงสภาพโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ (Osotsapa, 2000) และการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว (Akanda *et al.*, 2012) การเสริมด้วยก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຂງและมูลแพะชนิดละ 25% มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารพืชที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสง (Gardner *et al.*, 1985) จึงมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักแห้ง

การเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຂງหรือมูลแพะ 50% หรือແຫນແຂງร่วมกับมูลแพะ ชนิดละ 25% มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด เนื่องจากวิถีชีวสังเคราะห์ของสารประกอบฟีนอลิกเป็นผลมาจากเมแทบอลิซึมของคาร์บอนปฐมภูมิผ่านเข้าสู่วิถีชิกิมิด (Saltveit, 2010) และภายใต้สภาพการเจริญเติบโตตามปกติของพืชมีปริมาณคาร์บอนที่ถูกตรึงถึง 20% ถูกลำเลียงเข้าสู่วิถีชิกิมิด (Tohge *et al.*, 2013) การวิจัยนี้พบว่า มีสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดกับปริมาณคลอโรฟิลล์ $r = 0.432^*$ ($n = 30$) เนื่องจากการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกได้รับอิทธิพลจากการให้ปุ๋ยไนโตรเจน (Treutter, 2010) สอดคล้องกับผลการศึกษาในมะเขือเทศและเยรูซาเลมอาร์ทีโชค (Amarowicz, *et al.*, 2020)

การเสริมແຫນແຂງที่หมักร่วมกับก้อนเห็ดชนิดละ 50% มีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุด เนื่องจากธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในวัสดุอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว (Table1) มีผลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง น้ำตาลกลูโคสที่ได้ถูกใช้เป็นสารตั้งต้นของอิตีโรโทรส-4-ฟอสเฟตและฟอสโฟอินอลไพโรเวท (Stem *et al.*, 2003) ในการสังเคราะห์ฟีนอลอลานีนและฟลาโวนอยด์ตามลำดับ (Maeda and Dudareva, 2012) ระดับธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมมีผลต่อสารเมแทบอลิซึมทุติยภูมิ (Alhasan and Al-Ameri, 2021) สอดคล้องกับผลการศึกษาในชาพุ่ม (Khathutshelo *et al.*, 2016) และโหระพา (Hanif *et al.*, 2017)

จากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ($r=0.727^{**}$, $n=30$) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ($r=0.595^{**}$, $n=30$) ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์สารประกอบทั้ง 2 ชนิดต่อการสนับสนุนความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ที่พืชสร้างขึ้นเพื่อป้องกันความเสียหายจากออกซิเดชัน (oxidative damage) อันเกิดจาก reactive oxygen species (ROS) ที่ถูกสร้างขึ้นในปริมาณมากภายในเซลล์ (Kasote *et al.*, 2015) โดยปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ อันเป็นคุณสมบัติที่พบได้ทั่วไปในพืช (Li *et al.*, 2018) สอดคล้องกับการศึกษาในข้าว (Panhwar *et al.*, 2015) ซึ่งชนิดความเป็นประโยชน์และปริมาณในการให้ปุ๋ยมีอิทธิพลโดยทางอ้อมต่อชีวสังเคราะห์ของสารประกอบทุติยภูมิหลายชนิดในพืช (Naguib *et al.*, 2012)

สรุปผลการวิจัย

การเสริมก้อนเห็ดในอัตรา 50% ซึ่งหมักร่วมกับແຫນແຂງ 25% และมูลแพะ 25% ลงในดินนา พบว่ามีผลต่อการเพิ่มความกว้างใบ ความยาวใบ คลอโรฟิลล์ใบ น้ำหนักแห้ง ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้สูงสุด แต่การเสริมก้อนเห็ด 50% ที่หมักร่วมกับແຫນແຂງ 50% ลงในดินนาระยะปรับเปลี่ยนสู่นาอินทรีย์มาแล้ว 3 ปี มีผลต่อการเพิ่มปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้สูงสุด ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว เพื่อเสริมลงในดินนาระยะปรับเปลี่ยนสู่นาอินทรีย์มาแล้ว 3 ปี สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและการสร้างสารพฤกษเคมีของปุ๋ยปลู่มอร์ริสเฮดดิ้งในสภาพปลูกได้ และควรศึกษาการตอบสนองกับพืชผักกินใบที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ทั้งที่จัดอยู่ในวงศ์เดียวกันหรือต่างวงศ์ ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูกจากทั้ง 2 กรรมวิธีจากการสรุปผลการวิจัยนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่สนับสนุนงบประมาณวิจัย และพัฒนานวัตกรรม และสถานที่ทำการวิจัย และสถานีอุดรนิยมหาวิทยาลัยสุรินทร์ที่เอื้อเพื่อข้อมูลด้านอุดรนิยมหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- Akanda, K.I., A.K.M. Azad-ud-Doula Prodhan, S. Rahman, M.S. Alam and S. Afrin. 2012. Effect of nitrogen and potassium on morpho-physiological characteristics of fine grain aromatic rice. **Journal of Agroforestry and Environment** 6(1) : 99–103.
- Alhasan, A.S. and D.T. Al-Ameri. 2021. Effects of macronutrient fertilization on plant growth, essential oil content, and chemical composition in medicinal and aromatic plants grown under different environmental conditions: a review. **Natural Volatiles and Essential Oils** 8(6): 2588–2601.
- Amarowicz, R., B. Cwalina-Ambroziak, M.A. Janiak and B. Bogucka. 2020. Effect of N fertilization on the content of phenolic compounds in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and their antioxidant capacity. **Agronomy** 10(8): 1–12. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081215>
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition Reviews** 56: 317–333.
- Brojovic, B. and J. Stojanovic. 2005. Chlorophyll and carotenoid content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. **Archives of Biological Science** 57(4): 283–290.
- Fritschi, F.B. and J.D. Ray. 2007. Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll a/b ratio. **Photosynthetica** 45(1): 92–98.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1985. **Physiology of Crop Plants**. Ames: Iowa State University Press. 327 p.
- Hanif, M.A., H. Nawaz, M.A. Ayub, N. Tabassum, N. Kanwal, N. Rashid, M. Saleem and M. Ahmad. 2017. Evaluation of the effect of Zinc on the chemical composition and biological activity of basil essential oil by using Raman spectroscopy. **Industrial Crops and Products** 96: 91–101.
- Hossain, Md. D., M.H. Musa, J. Talib and H. Jol. 2010. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium levels on kenaf (*Hisbicus cannabinus* L.) growth and photosynthesis under nutrient solution. **Journal of Agricultural Science** 2(2): 49–57.

- Idowu, O.O. and M. Kadiri. 2013. Growth and yield response of okra to spent mushroom compost from the cultivation of *Pleurotus ostreatus* an edible mushroom. **Academia Journal of Agricultural Research** 1(3): 39–44.
- Jamaludin, A.A., N.Z. Mahmood and N. Abdullah. 2012. Waste recycling: feasibility of saw dust based spent mushroom substrate and goat manure in vermicomposting. **Sains Malaysiana** 4(11): 1445–1450.
- Kadiri, M. and Y. Mustapha. 2010. The use of spent mushroom substrate of *Lentinus subnudus* (Berk) as a soil conditioner for vegetables. **Bayero Journal of Pure and Applied Science** 3: 16–19.
- Kaewnarin, K., H. Niamsup, L. Shank and N. Rakariyatham. 2014. Antioxidant and antiglycation activities of some edible and medicinal plants. **Chiang Mai Journal of Science** 41(1): 105–116.
- Kaewsuralikhit, S. and P. Thongraa. 2014. **Study on Proportion of Azolla as Carrier for Phosphate Solubilizing Biofertilizer.** 9 p. *In* Research Report. Bangkok: Department of Agriculture. [in Thai]
- Kasote, D.M., S.S. Katyare, M.V. Hegde and H. Bae. 2015. Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications. **International Journal of Biological Sciences** 11(8): 982–991.
<https://doi.org/10.7150/ijbs.12096>
- Khatutshelo, M.V., N. Mpumelelo, N. Wonder and M.N. Fhatuwani. 2016. Effects of foliar spray application of selected micronutrients on the quality of bush tea. **HortScience** 51(7): 873–879
- Land Development Department. 2022. **Series Cni soil series group15hi.** Retrieved from [https://iddindee.ldd.go.th/SoilSeries/Ch_3/16_Series_\(Cni\).pdf](https://iddindee.ldd.go.th/SoilSeries/Ch_3/16_Series_(Cni).pdf) [in Thai]
- Li, M., P.W. Paré, J. Zhang, T. Kang, Z. Zhang, D. Yang, K. Wank and H. Xing. 2018. Antioxidant capacity connection with phenolic and flavonoid content in chinese medicinal herbs. **Record of Natural Products** 12(3): 239–250.
- Maeda, H. and N. Dudareva. 2012. The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. **Annual Review of Plant Biology** 63: 73–105.
<https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105439>
- Mengel, K. and E.A. Kirby. 2001. **Principle of Plant Nutrition.** 5th Ed. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 849 p.
- Mohr, H. and P. Schopfer. 1995. **Plant Physiology.** Berlin: Springer-Verlag. 629 p.

- Naguib, A. E-M. M., F.K. El-Baz, Z.A. Salaman, H.A.E.B. Hanaa, H.F. Ali and A.A. Gaafar. 2012. Enhancement of phenolics, flavonoids and glucosinolates of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) as antioxidants in response to organic and bio-organic fertilizers. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences** 11(2): 135–142.
- Obidola, S.M., I.I. Iro and Z.A. Rebeca. 2019. Influence of organic manure and inorganic fertilizer on the growth, yield and phytochemical constituents of cabbage (*Brassica oleracea*). **Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research** 4(1): 1–9.
- Office of Science for Land Development. 2024. **Average amount of nutrients in different types of dry animal manure.** Retrieved from https://worldsoilday.ldd.go.th/Data/3_poster/th/poster_TH4_6364b60bcb6fb.pdf [in Thai]
- Osotsapa, Y. 2000. **Plant Nutrients.** 1st Ed. Bangkok: Kasetsart University Press. 424 p. [in Thai]
- Panhwar, Q.A., U.A. Naher, O. Radziah, J. Shamshuddin, I. Mohd Razi, S.S. Dipti and M.T. Karabalei Aghamolki. 2015. Quality and antioxidant activity of rice grown on alluvial soil amended with Zn, Cu and Mo. **South African Journal of Botany** 98: 77–83.
- Sakunasing, P. and K. Kangsadalampai. 2008. Different antimutagenicity against urethane between conventionally and organically grown cruciferous vegetables (*Brassica* spp.). **Thai Journal of Toxicology** 23(2): 126–134.
- Saltveit, M.E. 2010. Synthesis and Metabolism of Phenolic Compounds. pp. 89–100. *In* de la Rosa, L.A., E. Alvarez-Parrilla and G.A. González-Aguilar (eds.). **Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry, Nutritional Value, and Stability.** Ames, Iowa: Wiley-Blackwell.
- Stephen, J.M. 1994. **Collards-*Brassica oleracea* L. (Acephala group).** Retrieved from <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/MV053>.
- Stern, K.R., S. Jansky and J.E. Bidlack. 2003. **Introductory Plant Biology.** 9th Ed. New York: McGraw-Hill. 624 p.
- Tohge, T., M. Watanabe, R. Hoefgen and A.R. Fernie. 2013. Shikimate and phenylalanine biosynthesis in the green lineage. **Frontiers in Plant Science** 4: 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00062>
- Trakoonyingcharoen, P. 2021. Potassium for Plant Growth. **Thai Journal of Soils and Fertilizers** 43(1): 10–27. [in Thai]
- Treutter, D. 2010. Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding - visions and constraints. **International Journal of Molecular Sciences** 11(3): 807–857

Vetrano, F., A. Miceli, A. Moncada, G. Mutazza and C. Romando. 2013. Collard green (*Brassica oleracea* var. *acephala*) cultivation in Sicily. **Acta Horti** 1005: 471–477.
<https://doi.org/10.17660/ActaHort.2013.1005.57>

Yingngam, B., M. Monschein and A. Brantner. 2014. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Cratoxylum formosum* ssp. *formosum* leaves using central composite design and evaluation of its protective ability against H₂O₂-induced cell death. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine** 7(Suppl. 1): 5497–5505.

ผลของการคลุมดิน การใช้สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์ และการพ่นดินขาวเกาหลีน
ต่อความทนแล้งของต้นกล้าทุเรียนหมอนทอง
Effects of Mulching, Hydrophilic Polymer, and Kaolin Foliar Application
on Drought Tolerance in ‘Monthong’ Durian Seedlings

วิมลฉัตร สมนิยาม และพัฒนา สมนิยาม*

Vimolchat Somniam and Pattana Somniam*

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุตตรดิตถ์ 53000

Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand 53000

*Corresponding author: Pattana.som@live.uru.ac.th

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0002-1968-5962>

Received: September 28, 2025

Revised: December 08, 2025

Accepted: January 27, 2026

Abstract

Maintaining adequate soil moisture and reducing transpiration are critical factors for sustaining the growth of “Monthong” durian (*Durio zibethinus*) seedlings under drought conditions. This study investigated the effects of mulching, hydrophilic polymer application, and Kaolin clay spraying on seedlings growth and drought tolerance under drought conditions. A completely randomized design (CRD) with a factorial arrangement was employed, incorporating three factors: (1) mulching and no mulching, (2) application of water-saturated hydrophilic polymer at two levels (0 and 500 g per pot), and (3) foliar spraying of Kaolin clay at concentrations of 0, 5, and 10%. One-year-old “Monthong” durian seedlings were grown in clay pots and data were collected every three days until the seedlings completely wilted and died. Growth parameters, morphological, and physiological characteristics were recorded. The results indicated that the treatments had no significant effect on stem diameter and the length of the last node. Water deficit symptoms were first observed as leaf wavy on day 4, reaching peak severity on day 7. Leaf rolling commenced on day 7, with the most pronounced effects on day 10, followed by leaf shedding on day 13. The relative water content (RWC) in the leaves gradually declined, with a sharp reduction on day 10, coinciding with noticeable dulling and a bluish-green discoloration of the leaves. However, mulching effectively preserves soil water content better than non-mulching on days 7, 10, and 13 of the water deficit period. However, seedlings without mulching

but treated with kaolin still exhibited water deficit stress, showing the greatest leaf rolling on day 7 after water withdrawal. Thus, mulching is recommended as an effective practice to improve soil moisture retention, and seedlings should not be subjected to water deprivation for more than seven days. If leaf rolling is observed indicating water deficit irrigation should be applied immediately.

Keywords: “Monthong” durian seedlings, mulching, hydrophilic polymer, kaolin, water deficit

บทคัดย่อ

การควบคุมปริมาณน้ำในดินและลดการคายน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาความชื้นให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าทุเรียนหอมทองในสภาวะแห้งแล้ง งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการคลุมดิน การใช้สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์ (hydrophilic polymer) และการพ่นดินขาวเกาลิน (Kaolin) ต่อการเจริญเติบโตและความทนแล้งของต้นกล้าทุเรียนหอมทองในสภาวะแห้งแล้ง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จัดสิ่งทดลองแบบ factorial ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ (1) การคลุมดินและไม่คลุมดิน (2) การให้สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์อิมมersion 2 ระดับ คือ 0 และ 500 กรัมต่อกระถาง และ (3) การพ่นดินขาวเกาลินที่ความเข้มข้น 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ทดลองกับต้นกล้าทุเรียนหอมทองอายุ 1 ปี ที่ปลูกในกระถางดินเผา โดยบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยาทุก ๆ 3 วัน จนกระทั่งต้นแห้งตาย ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและความยาวข้อสุดท้ายของต้นกล้า อาการขาดน้ำเริ่มปรากฏด้วยอาการใบเป็นลอนในวันที่ 4 และรุนแรงที่สุดในวันที่ 7 จากนั้นใบเริ่มม้วนตั้งแต่วันที่ 7 รุนแรงที่สุดในวันที่ 10 และหลุดร่วงในวันที่ 13 ของการขาดน้ำ ค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยลดลงมากในวันที่ 10 หลังการขาดน้ำ พร้อมกับการเปลี่ยนแปลงของสีใบที่หม่นลงและมีสีเขียวอมฟ้าเพิ่มขึ้น การคลุมดินช่วยรักษาความชื้นในดินได้ดีกว่าการไม่คลุมดินอย่างชัดเจนในวันที่ 7, 10 และ 13 หลังจากขาดน้ำ ทั้งนี้ต้นกล้าที่ไม่คลุมดินและพ่นดินขาวเกาลินแสดงอาการเครียด

จากการขาดน้ำ โดยมีใบม้วนมากที่สุดในวันที่ 7 หลังจากการขาดน้ำ จึงเสนอแนะให้เกษตรกรใช้วิธีคลุมดินเพื่อช่วยรักษาความชื้นในดิน และไม่ควรปล่อยให้ต้นกล้าขาดน้ำเกิน 7 วัน โดยหากพบว่าใบเริ่มม้วนแสดงถึงอาการขาดน้ำ ควรเริ่มทำการให้น้ำทันที

คำสำคัญ: ต้นกล้าทุเรียนหอมทอง การคลุมดิน สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์ ดินขาว การขาดน้ำ

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2567 มูลค่าการส่งออกผลไม้เพิ่มสูงขึ้น โดยทุเรียนครองส่วนแบ่งตลาดสินค้าผลไม้ที่ส่งออกมากที่สุดมูลค่า 157,506 ล้านบาท (Trade Policy and Strategy Office, 2025) จังหวัดอุดรธานีเป็นแหล่งผลิตทุเรียนหอมทองที่สำคัญของภาคเหนือ มีพื้นที่ปลูกที่ให้ 34,793.52 ตัน (Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2023) พื้นที่ปลูกทุเรียนของเกษตรกรจังหวัดอุดรธานีส่วนใหญ่อยู่บนภูเขาและที่ราบระหว่างหุบเขา ซึ่งมีข้อจำกัดด้านน้ำเนื่องจากพึ่งพาน้ำฝนและแหล่งน้ำธรรมชาติ แตกต่างจากพื้นที่ปลูกทุเรียนในภาคตะวันออกที่มีฝนมาก และภาคใต้ที่มีทั้งฝนและความชื้นสูง ทำให้การจัดการน้ำในแปลงปลูกทุเรียนจังหวัดอุดรธานีทำได้ยากยิ่งขึ้น ภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ก่อให้เกิดภัยแล้งรุนแรง ต้นทุเรียนอายุ 1-3 ปี ได้รับผลกระทบมากที่สุด โดยพบอัตราการตายสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ การเผชิญภัยแล้งซ้ำซากส่งผลต่อความสำเร็จของการปลูกทุเรียนทดแทน

เกษตรกรรมสูญเสียทั้งแรงงาน ต้นทุนการผลิต และโอกาสในการสร้างความยั่งยืนในระยะยาว แม้ที่ผ่านมาเกษตรกรจะปรับใช้ทั้งภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีการให้น้ำสมัยใหม่เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นในดิน แต่ก็ยังไม่เพียงพอเนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่ขาดแคลนแหล่งน้ำซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดความอยู่รอดของต้นกล้าทุเรียน (Somniam, 2018)

จากสภาวะภัยแล้งที่เป็นข้อจำกัดต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากทำให้ความชื้นในดินลดลง ความเครียดจากอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นและส่งผลกระทบต่อสถานะน้ำในพืช แนวทางการจัดการของเกษตรกรในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อสงวนปริมาณน้ำในดิน และลดการคายน้ำของพืช เช่น การใช้วัสดุคลุมดินเพื่อลดการระเหยและรักษาความชื้นของดิน การใช้สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์ (hydrophilic polymer) เพื่อเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำบริเวณเขตราก และการพ่นดินขาวเพื่อลดอุณหภูมิใบโดยการสะท้อนแสงและลดการคายน้ำ ทั้งสามวิธีถูกนำมาใช้แพร่หลายเพราะเป็นวิธีการที่เกษตรกรสามารถปรับใช้ได้ง่าย และมีรายงานวิจัยสนับสนุนแนวทางดังกล่าว ยืนยันประสิทธิภาพในการช่วยลดความเครียดจากความแห้งแล้ง ดังนี้ El-Beltagi *et al.* (2022) รายงานว่า การคลุมดินเป็นวิธีการสำคัญในการอนุรักษ์น้ำในพื้นที่เกษตรที่ประสบภาวะแห้งแล้ง และขาดแคลนน้ำ โดยสามารถลดการสูญเสียน้ำจากการระเหย ชะลอการเสื่อมสภาพของดินจากการไหลบ่าของน้ำและการสูญเสียดิน อีกทั้งช่วยควบคุมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบริเวณรากพืช ทำให้ดินเย็นลงในช่วงฤดูร้อน วัสดุคลุมดินประเภทอินทรีย์ เช่น ฟางและเศษหญ้า แม้จะช่วยรักษาความชื้นได้ดี แต่มีข้อจำกัดคือ สลายตัวได้เร็วและอาจส่งเสริมการงอกของวัชพืช ด้วยเหตุนี้ จึงมีการพัฒนาวัสดุคลุมดินสังเคราะห์ เช่น ผ้าใยสังเคราะห์ (geotextile) ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถลดการสูญเสียน้ำและความชื้น และคงสภาพการปรับปรุงโครงสร้างดินได้ยาวนานกว่าแบบอินทรีย์ สามารถลดอัตราการระเหยน้ำจากผิวดินและเพิ่ม

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน โดยแผ่นที่มีความหนาแน่นสูงจะช่วยรักษาความชื้นได้ดียิ่งขึ้น (Yang *et al.*, 2025) ขณะเดียวกัน Dewedar *et al.* (2024) รายงานว่า การคลุมดินด้วย geotextile ช่วยรักษาความชื้นในเขตรากได้สูงและให้ผลผลิตดีกว่าการคลุมด้วยพลาสติกสีดำ อีกทั้งเมื่อให้น้ำที่ระดับร้อยละ 80 ของความต้องการน้ำพืช ทำให้ได้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการให้น้ำเต็มที่ จึงสามารถลดปริมาณการใช้น้ำชลประทานได้ถึงร้อยละ 20

ส่วนการใช้สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์สามารถกักเก็บสารอาหารและน้ำให้กับพืชได้ เมื่อดินรอบรากพืชเริ่มแห้งน้ำที่กักเก็บไว้จะค่อย ๆ ไหลกลับคืนสู่ดิน ส่งผลให้ปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้นได้ (Oladosu *et al.*, 2022) ซึ่ง AbdAllah *et al.* (2021) รายงานว่าเป็นแนวทางที่เพิ่มการกักเก็บน้ำในดินที่มีประสิทธิภาพในการบรรเทาผลกระทบจากความแห้งแล้งในระบบเกษตรพื้นที่อาศัยน้ำฝน ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น เช่นเดียวกับ Chehab *et al.* (2017) ที่พบว่าการใช้สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำในดินช่วงฤดูแล้ง ส่งผลให้การนำไฟฟ้าของปากใบ (stomatal conductance) สูงขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงในต้นมะกอก และ Hüttermann *et al.* (1999) พบว่าการให้ไฮโดรเจล 0.4 เปอร์เซ็นต์ กับต้นกล้า *Pinus halepensis* ในช่วงที่ขาดน้ำ ช่วยเพิ่มความทนต่อภาวะแล้งของต้นกล้าได้นานขึ้นเป็นสองเท่า สำหรับในประเทศไทยมีการทดลองใช้สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์กับต้นกล้ามะม่วงแก้วและมะม่วงเขียวเสวย พบว่าการใช้ในอัตรา 0.15 เปอร์เซ็นต์ สามารถปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของดิน ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้อย่างชัดเจน (Ratananukul and Duangpatra, 1995)

สำหรับการใช้ดินขาวเกาหลี Brito *et al.* (2019) รายงานว่าเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติสะท้อนแสงช่วยลดอุณหภูมิใบ รักษาสถานะน้ำในพืช และเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง ทำให้พืชมีอัตราการอยู่รอดสูงขึ้นและลดความถี่ในการให้น้ำอย่างมี

ประสิทธิภาพ AbdAllah *et al.* (2019) และ Denaxa *et al.* (2012) รายงานผลสอดคล้องกันว่าการใช้ดินขาว เกลิน 5 เปอร์เซ็นต์ ในต้นมะกอก อายุ 2 ปี ภายใต้สภาวะ แล้ง พบว่าช่วยเพิ่มปริมาณน้ำในใบ ความอวบน้ำ ความหนาแน่นของเนื้อเยื่อ และลดอุณหภูมิของใบทั้งในสภาวะ แห้งแล้งและสภาวะปกติ ขณะเดียวกัน Daraei *et al.* (2024) พบว่าการใช้ดินขาวเกลินร่วมกับสารเพิ่มความชื้น พอลิเมอร์ในต้นมะเขือเทศ สามารถบรรเทาผลกระทบ ที่เกิดจากการได้รับน้ำเพียงครั้งหนึ่งของค่าความต้องการน้ำ ของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม Chaiyot and Misuwan (2023) พบว่าในกรณีของต้นกล้าทุเรียนพันธุ์ หมอนทอง การใช้เพียงดินขาวเกลินร่วมกับการใช้สารเพิ่มความชื้น พอลิเมอร์เมื่อรดให้น้ำไม่สามารถบรรเทา ผลกระทบดังกล่าวได้

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการ รักษาความชื้นในดินและลดการคายน้ำของพืช เพื่อให้ ต้นกล้ามีปริมาณน้ำเพียงพอในการดำรงชีวิตและผ่านช่วง ฤดูแล้งได้ โดยประเมินประสิทธิภาพของการคลุมดิน การใช้สารเพิ่มความชื้นพอลิเมอร์และการพ่นดินขาว ซึ่งเป็น แนวทางที่ยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน และมีศักยภาพ ในการนำไปประยุกต์ใช้ได้สะดวกสำหรับเกษตรกร โดยเฉพาะ ในพื้นที่ขาดแคลนน้ำหรือประสบภัยแล้งรุนแรง นอกจากนี้ ยังต้องการระบุช่วงเวลาวิกฤติที่พืชแสดงอาการขาดน้ำอย่าง รุนแรง เพื่อให้เกษตรกรสามารถสังเกตอาการขาดน้ำของพืช และใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนให้น้ำได้ทันทั่วทั้ง ไร่ ลด ความเสียหายต่อพืช และช่วยให้มีการจัดการน้ำอย่าง เหมาะสม นำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในพื้นที่ที่มี ข้อจำกัดด้านน้ำ ควบคู่กับการประหยัดน้ำและอนุรักษ์ ทรัพยากรดินและน้ำในระบบการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

นำต้นกล้าทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่เสียบยอดบน ต้นตอพื้นเมืองอายุ 1 ปี สภาพสมบูรณ์ มีความสูงต้นเฉลี่ย 91.53 ± 6.10 ซม. ปลูกในกระถางดินเผาขนาด 12 นิ้ว ในโรงเรือนกระจก ระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ. 2567 เพื่อให้ต้นกล้าตั้งตัว โดยให้น้ำทุกวัน วันละ 1.5 ลิตร คำนวณจากการให้น้ำตามความต้องการน้ำของ ทุเรียนที่มีขนาดทรงพุ่มกว้าง 0.75 เมตร ด้วยสูตร ความต้องการน้ำ (Water Requirement; WR) = $Kc \times Etp$ โดยที่ Kc (crop coefficient) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของทุเรียนในระยะพัฒนากิ่งก้านสาขาเท่ากับ 0.75 และ Etp (potential evapotranspiration) คือ ค่าการใช้ น้ำอ้างอิงของพืชของจังหวัดอุดรดิตถ์ ในเดือนมกราคม ถึงมีนาคม เท่ากับ 4.66 มม.ต่อวัน จากนั้นงดการให้น้ำ ทั้งหมด และนำมาปฏิบัติตามกรรมวิธีการทดลอง วางแผน การทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จัดสิ่งทดลองแบบ factorial ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 การไม่คลุมดิน และคลุมดินด้วยผ้าไม่ทอ (non-woven geotextile) ขนาด 100 แกรม (ตราผ้าแปด ตัว ประเทศไทย) ปัจจัยที่ 2 ปริมาณการให้สารเพิ่มความชื้น พอลิเมอร์ที่อิมมูนน้ำ (hydrophilic polymer) (PD100, China) 2 ระดับ ได้แก่ 0 และ 500 กรัมต่อกระถาง (อัตรา พอลิเมอร์แห้ง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักดินผสม ในกระถาง ให้น้ำให้อิ่มตัวเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง โดยใส่ เป็นแถบด้านข้างระบบรากในกระถาง) และปัจจัยที่ 3 การใช้ดินขาวเกลิน (Kaolin clay, China) พ่นให้ทั่วทรงพุ่ม 1 ครั้ง ก่อนเริ่มการทดลองเพื่อให้ผิวใบเคลือบสารในอัตรา ความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งสิ้น 12 treatment combination ทำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้นต่อกระถาง บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยา ทุก 3 วัน จนกระทั่งพืชแห้งตาย ดังนี้

1. การเจริญเติบโต ด้านขนาดลำต้นบริเวณโคนต้นเหนือดิน 5 ซม. ซึ่งเป็นบริเวณต้นตอ และโคนต้นบริเวณกิ่งพันธุ์ดีเหนือรอยต่อ 5 ซม. และด้านความยาวข้อสุดท้ายบริเวณปลายยอด

2. ลักษณะทางสัณฐานของใบ ได้แก่ อาการใบเป็นลอน ใบม้วน ใบม้วนแห้ง และการร่วงของใบ ดัชนีความเขียวของใบ โดยใช้เครื่อง Chlorophyll Meter SPAD-502 (Minolta, Japan) และสีใบโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan, U.S.A.) รายงานผลเป็นค่า chroma และ hue angle

3. ลักษณะทางสรีรวิทยา วัดการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (Relative Water Content: RWC) ทุก 3 วัน เพื่อให้ทราบสถานะของน้ำในใบที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปรียบเทียบกับใบอิมมัวด้วยน้ำตามวิธีการของ Sutjit (2019) โดยเก็บใบแก่นำมาตัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 1 ตร.ซม. จำนวน 4 ชิ้น ชั่งน้ำหนักสด (fresh weight: Wf) แล้วนำมาแช่น้ำกลั่นในห้องเย็นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำแผ่นใบมาซับน้ำให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก (turgid weight: Wt) หลังจากนั้นนำตัวอย่างใบไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง (dry weight: Wd) แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ โดยใช้สูตร $RWC (\%) = (Wf - Wd) / (Wt - Wd) \times 100$

4. ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวใบและอุณหภูมิผิวดิน (องศาเซลเซียส) ใช้เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดวัดใบพืชที่เจริญเติบโตเต็มที่บริเวณผิวใบด้านบนส่วนกลางใบ 2 ซ้ำ โดยวัดห่างจากผิวใบ 25 ซม. และวัดอุณหภูมิผิวดินในกระถางบริเวณกลางกระถางใกล้โคนต้นกล้าห่างจากผิวดิน 25 ซม. ในเวลา 15.00 น. แล้วนำมาคำนวณความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิใบและอุณหภูมิดิน

5. ปริมาณน้ำในดิน เก็บตัวอย่างดินในกระถางที่ความลึก 5 ซม. จากผิวดินปริมาณ 100 กรัม นำมาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักของดินแห้ง (percentage by weight: P_w) ด้วยสูตร $P_w = (m_w / m_s) \times 100$ โดย

ที่ m_w คือ น้ำหนักของความชื้นของดิน และ m_s เป็น น้ำหนักของดินขณะที่ดินแห้งสนิท

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของต้นกล้าทุเรียน

ภายหลังจากรดให้น้ำต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 13 วัน ต้นกล้าทุเรียนที่ได้รับปัจจัยต่าง ๆ มีการเจริญเติบโต ด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นและความยาวข้อสุดท้ายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาเก็บข้อมูลสั้นกว่าการตอบสนองของแคมเปียมต่อความขาดน้ำ ซึ่งมักใช้เวลามากกว่าจะส่งผลชัดเจนต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น โดยเฉพาะในต้นกล้า อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในด้านการหดตัวของลำต้น (stem shrinkage) จะสามารถสังเกตความแตกต่างได้ชัดเจนมากกว่า (Dulamsuren *et al.*, 2023) โดยที่โคนต้นกล้าทุเรียนบริเวณต้นตอเหนือดินและโคนต้นกล้าทุเรียนบริเวณกิ่งพันธุ์ดีมีขนาดลดลงเมื่อขาดน้ำ โดยมีอัตราการลดลงอยู่ระหว่าง 0.01–0.09 และ 0.06–0.16 มม.ต่อวัน ตามลำดับ (ไม่แสดงข้อมูล) ซึ่งอัตราการหดตัวของต้นดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการตอบสนองต่อความแห้งแล้งอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหดตัวของต้นสนในงานทดลองของ Leštianska *et al.* (2024) ซึ่งรายงานอัตราการหดตัวสูงถึง 0.33–0.34 มม.ต่อวัน ในชนิดที่มีความไวต่อความแห้งแล้งสูง ส่วนในชนิดที่มีความไวต่อความแห้งแล้งปานกลาง เช่น *Picea abies* และ *Abies alba* มีอัตราการหดตัวเพียง 0.15–0.16 มม.ต่อวัน

สอดคล้องกับรายงานของ Ziegler *et al.* (2024) ที่พบว่า การหดตัวของลำต้น *Pinus sylvestris* L. และ *Larix decidua* Mill. เป็นการแสดงออกโดยตรงถึงระดับการขาดน้ำภายใต้เงื่อนไขการรดน้ำ โดยอัตราการหดตัวสูงสุดถึงร้อยละ 10 ถึง 12 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นดังกล่าว มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าศักย์น้ำในใบ เกิดจากการสูญเสียความต่งของเนื้อเยื่อที่กักเก็บน้ำ อีกทั้ง Marsal *et al.* (2002) รายงานอีกว่าเกิดจากการ

เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อเปลือกไม้ของต้นท้อที่ได้รับน้ำไม่เพียงพอกับการคายน้ำทำให้ลำต้นหดตัว จากผลการทดลองการลดลงของโค่นต้นกล้าทุเรียนเกิดบริเวณกิ่งพันธุ์ตีมากกว่าบริเวณโค่นต้นตอ นั้น เนื่องด้วยต้นตอที่ใช้เสียบยอดทุเรียนเป็นต้นตอพันธุ์พื้นเมืองที่ค่อนข้างมีความทนทาน สอดคล้องกับรายงานการทดลองในสาธิตที่พบว่าสายพันธุ์พื้นเมืองที่เจริญเติบโตในพื้นที่แห้งแล้งมีความสามารถในการทนต่อสภาวะแห้งแล้งได้ดีกว่าสายพันธุ์ที่เติบโตในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงกว่า (Zarafshar *et al.*, 2014) เช่นเดียวกับ Jafarnia *et al.* (2018) ศึกษาเกี่ยวกับต้นเปอร์เซียโอ๊ก (*Quercus brantii*) รายงานว่าสายพันธุ์ที่อ่อนไหวต่อความแห้งแล้ง มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูงลำต้น และชีวมวลลดลงมากกว่า

ลักษณะทางสัณฐานของใบต้นกล้าทุเรียน

อาการขาดน้ำของต้นกล้าทุเรียนมีความรุนแรงมากขึ้นตามระยะเวลาที่ขาดน้ำ โดยเริ่มปรากฏอาการใบเป็นลอนตั้งแต่วันที่ 4 และรุนแรงที่สุดในวันที่ 7 หลังจากนั้นใบเริ่มม้วนในวันที่ 7 และเพิ่มความรุนแรงจนแห้งในวันที่ 10 และหลุดร่วงในวันที่ 13 ของการขาดน้ำ (Figure 1) นอกจากนี้ ในวันที่ 7 หลังรดให้น้ำ พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการคลุมดินและการพ่นดินขาวต่ออาการใบเป็นลอน โดยพบว่าต้นที่ไม่คลุมดิน และพ่นดินขาวที่ความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ แสดงอาการใบเป็นลอนมากที่สุด คิดเป็น 46.88 และ 53.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ไม่แสดงข้อมูล) ซึ่งการไม่คลุมดินทำให้ความชื้นในเขตรากลดลงอย่างรวดเร็ว กระตุ้นให้ใบม้วนอย่างชัดเจน ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของปากใบลดลงเพื่อลดการสูญเสียน้ำ และเกิดใบม้วนขึ้นก่อนที่ปากใบจะปิดสนิท ส่งผลให้อัตราการสูญเสียน้ำในใบของใบที่ม้วนลดลงเมื่อเทียบกับใบที่ยังไม่ม้วน (Wang *et al.*, 2023)

แม้ว่าการพ่นดินขาวภายใต้สภาวะดินแห้งมากจะสามารถลดอุณหภูมิใบและการคายน้ำได้ แต่ไม่เพียงพอที่จะชดเชยการขาดน้ำจากรากได้ จึงทำให้ความเครียดจากการขาดน้ำยังคงสูงและเกิดอาการใบม้วนรุนแรง

เช่นกัน (Rosati *et al.*, 2006) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Wang *et al.* (2020) ที่พบว่าอาการใบม้วนในข้าวโพดเกิดจากค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC) ลดลง โดยในงานวิจัยนี้ต้นกล้าทุเรียนมีค่า RWC ลดลงจาก 59.08–73.74 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 7 เหลือเพียง 1.91–22.52 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 10 ของการขาดน้ำ ส่งผลให้ใบม้วนและแห้งมากที่สุด (ไม่แสดงข้อมูล) และสอดคล้องกับ Augé *et al.* (2002) ที่พบว่าต้น Dogwood (*Comus kousa* Hans.) ที่มีอาการใบม้วนน้อย มีค่าการนำไฟฟ้าของปากใบสูงกว่าต้นที่มีอาการใบม้วนรุนแรง 16–40 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการเปิดปากใบช่วยเพิ่มการคายน้ำ ส่งผลให้การไหลเวียนของน้ำจากรากสู่ใบดีขึ้นและช่วยรักษาความชื้น รวมถึงควบคุมอุณหภูมิภายใต้สภาวะแห้งแล้งได้ดียิ่งขึ้น

ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับ Tyree *et al.* (2002) ที่รายงานการปลูกต้นกล้า *Licania platypus* (Hemsl.) ในสภาพขาดน้ำ ซึ่งพบการม้วนเข้าหาเส้นกลางใบและใบแห้งตายเมื่อค่า RWC ลดลงจาก 85 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 14 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าอาการใบม้วนสามารถใช้เป็นดัชนีทางสัณฐานวิทยาพร้อมกับค่า RWC ในการประเมินความเครียดจากการขาดน้ำได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม การคลุมดิน การให้พอลิเมอร์ และการพ่นดินขาวไม่ส่งผลต่ออาการใบม้วนและการหลุดร่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากระดับความแห้งแล้งในดินรุนแรงเกินกว่าขีดความสามารถของปัจจัยเหล่านี้ในการรักษาความชื้นในเขตราก ส่งผลให้ศักย์น้ำในรากและใบลดลงจนเกิดการขาดน้ำในเนื้อเยื่อใบ ซึ่งสะท้อนจากค่า RWC ที่ลดลง และกระตุ้นการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืช เช่น ใบม้วนและการลดการนำไฟฟ้าของปากใบ ที่เป็นกลไกในการลดการสูญเสียน้ำ แต่ยังไม่เพียงพอที่จะป้องกันการเสื่อมของการสังเคราะห์แสงและการสูญเสียน้ำเนื้อเยื่อภายใต้ภาวะขาดน้ำรุนแรง (Wang *et al.*, 2023)

เมื่อพิจารณาสีใบ พบว่าใบต้นกล้าทุเรียนหมอนทองมีค่าดัชนีความเขียว (SPAD index) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการขาดน้ำ ตั้งแต่วันที่ 1, 4, 7 และ 10 ของการรดให้น้ำ โดยมีค่า 47.46–51.51, 52.20–59.71, 52.08–58.06

และ 53.87–85.20 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในวันที่ 10 ของการขาดน้ำ พบว่าต้นกล้าที่ได้รับการคลุมดินยังคงมีค่าดัชนีความเขียวในระดับใกล้เคียงกับช่วงเริ่มต้นของการขาดน้ำ แสดงถึงการคงสภาพของเนื้อเยื่อใบได้ดีกว่า ขณะที่ต้นที่ไม่คลุมดินกลับมีค่าดัชนีความเขียวเพิ่มขึ้น (ไม่แสดงข้อมูล) ซึ่ง Sangmanee *et al.* (2022) รายงานว่าค่าดัชนีความเขียวใบของทุเรียนมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบ Arunyanark *et al.* (2008) รายงานว่าการมีค่าดัชนีความเขียวใบเพิ่มขึ้นมักเกิดในพืชที่เผชิญภาวะขาดน้ำรุนแรง เนื่องจากสถานะน้ำในใบลดลง (ค่า RWC ลดลง) ส่งผลให้ความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์ต่อมวลใบแห้งเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าดัชนีความเขียวใบสูงขึ้น แม้ว่าปริมาณคลอโรฟิลล์รวมอาจลดลงก็ตาม สอดคล้องกับที่ Nikolaeva *et al.* (2010) รายงานว่าการขาดน้ำระยะสั้น 3–5 วัน ในข้าวสาลี แม้การสูญเสียน้ำจากใบยังไม่มาก แต่ปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อหน่วยน้ำหนักแห้งกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อพิจารณาค่า chroma และ hue angle พบว่าปัจจัยการคลุมดิน การให้พอลิเมอร์ และการพ่นดินขาวไม่ส่งผลต่อค่าดังกล่าว แต่แนวโน้มของค่า chroma ลดลง

อย่างต่อเนื่องจาก 19.23–27.54 ในวันแรก เหลือ 16.61–22.51 ในวันที่ 13 ของการขาดน้ำ (ไม่แสดงข้อมูล) แสดงถึงสีใบที่หม่นลง แสดงว่าความเครียดจากการขาดน้ำทำให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยมีการสูญเสียอะตอมแมกนีเซียมและเกิดสาร pheophytin ทำให้มีสีหม่นลง (Siriphanich, 2006) ส่วนค่า hue angle ของใบเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนจากวันแรกระหว่าง 140.17–145.37 เป็น 167.76–175.49 ในวันที่ 10 ของการขาดน้ำ บ่งชี้ว่าใบเปลี่ยนจากสีเขียวไปสู่สีเขียวอมฟ้าเมื่อเสื่อมสภาพ (ไม่แสดงข้อมูล) ทั้งนี้ Bhugra *et al.* (2015) รายงานว่าสีใบข้าวมีความสัมพันธ์สูงกับปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC) โดยมีค่าสหสัมพันธ์สูงถึง 0.89 ซึ่งอธิบายได้จากการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์และความเสียหายของคลอโรพลาสต์จากปฏิกิริยาออกซิเจนที่มีฤทธิ์สูงภายใต้ภาวะขาดน้ำ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่า chroma, hue angle และดัชนีความเขียวใบ มีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการลดลงของค่า RWC จึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมสภาพของใบภายใต้ภาวะขาดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ



Figure 1 Durian seedlings under water deficit exhibited sequential morphological changes, (A) with normal leaves on day 1, (B) wavy leaves on day 4, (C) rolled leaves on day 7 and (D) desiccated leaves on day 10

ลักษณะทางสรีรวิทยา

การคลุมดิน การให้พอลิเมอร์ และการพ่นดินขาว ไม่มีผลต่อค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบต้นกล้าทุเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าใบทุเรียนมีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่ขาดน้ำ (Table 1) โดยในวันที่ 1, 4 และ 7 ของการขาดน้ำมีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบอยู่ระหว่าง 76.20–80.30, 66.29–77.50 และ 59.08–73.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าลดลงมากที่สุดในวันที่ 10 หลังการขาดน้ำอยู่ระหว่าง 1.91–22.52 เปอร์เซ็นต์ (ไม่แสดงข้อมูล) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบ (Relative Water Content: RWC) ถูกกำหนดโดยปริมาณน้ำในดินและการคายน้ำของพืช การคลุมดินสามารถลดการระเหยน้ำจากผิวดินได้ แต่ภายใต้สภาวะที่พืชมีการคายน้ำสูง การคลุมดินไม่เพียงพอต่อการรักษา RWC ของใบไว้ได้ (Berrios *et al.*, 2024) ขณะที่การใช้พอลิเมอร์อุ้มน้ำจะสามารถเพิ่มความชื้นในดินได้ก็ต่อเมื่อมีน้ำให้ดูดซับในระดับที่เหมาะสม หากดินแห้งมาก พอลิเมอร์ไม่สามารถเพิ่ม RWC ได้ และอาจแย่งความชื้นในดินจากพืชได้ (Yang *et al.*, 2022)

ส่วนการพ่นดินขาวช่วยลดอุณหภูมิใบและลดอัตราการคายน้ำได้เฉพาะในสภาวะที่มีน้ำในดินเพียงพอเช่นกัน (Shellie and Glenn, 2008) ดังนั้น ภายใต้ภาวะขาดน้ำรุนแรง วิธีการทั้งสามอาจไม่ส่งผลต่อ RWC ของใบ อย่างมีนัยสำคัญทางสรีรวิทยา การลดลงของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบ (RWC) จากภาวะขาดน้ำ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างชัดเจน โดย Jungklang (2006) รายงานว่า เมื่อถั่วเหลืองขาดน้ำเป็นเวลา 13 วัน ค่า RWC ลดลงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตอย่างรุนแรง ขณะที่ Bolat *et al.* (2014) ศึกษาเกี่ยวกับต้นตอแอปเปิลและควินซ์ที่ปลูกในกระถาง พบว่าเมื่อความรุนแรงของการขาดน้ำเพิ่มขึ้น ค่า RWC ของใบลดลงจาก 81.65 เหลือ 70.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง

สัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ การเพิ่มขึ้นของอัตราการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ และส่งผลให้ความยาวกิ่ง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณน้ำในดิน

ปริมาณน้ำในดินในกระถางปลูกต้นกล้าทุเรียน ลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการขาดน้ำ โดยพบว่าการคลุมดินช่วยรักษาความชื้นได้ดีกว่าการไม่คลุมดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 7, 10 และ 13 ของการขาดน้ำ (Table 2) ทั้งนี้มีรายงานการคลุมดินด้วยผ้าไม่ทอในการปลูกแคนตาลูปช่วยรักษาความชื้นดิน โดยลดการระเหยน้ำจากผิวดิน 30–50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความชื้นดินสูงกว่าการไม่คลุมดินถึง 5 เปอร์เซ็นต์ (Kwankhao *et al.*, 2019) หากพิจารณาถึงลักษณะทางสัณฐานร่วมกับปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของต้นกล้าทุเรียน พบว่าในวันที่ 7 หลังการขาดน้ำ ค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบอยู่ระหว่าง 59.08–73.74 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ปริมาณน้ำในดินอยู่ระหว่าง 7.17–10.99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังไม่ส่งผลให้เกิดอาการรุนแรงนัก โดยเริ่มแสดงให้เห็นอาการใบม้วนจากการขาดน้ำอย่างชัดเจนเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าการประเมินความทนแล้งของพืชควรพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบร่วมกับปริมาณน้ำหรือความชื้นในดิน การศึกษาความทนแล้งในพืชชนิดอื่น เช่น วัชพืช *Lactuca serriola* พบว่าสามารถปรับตัวและดำรงชีวิตได้ครบวงจร แม้ว่าปริมาณความชื้นในดินจะลดลงอย่างมาก แต่พืชยังคงรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบไว้ได้ อย่างไรก็ตาม พืชมีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตชีวมวลลดลง ขณะที่อัตราส่วนระหว่างรากต่อยอดเพิ่มขึ้น ช่วยให้สามารถดูดซับน้ำจากดินได้อย่างมีประสิทธิภาพและลำเลียงไปยังส่วนที่อยู่เหนือดินได้ดีขึ้น (Chadha *et al.*, 2019)

Table 1 Relative water content of durian seedling leaves after dehydration

Treatment		Relative water content after dehydration (%)			
		Day 1	Day 4	Day 7	Day 10
Mulching (A)	Non	78.80±2.76	74.49±5.17	72.76±13.69	0.48±2.91
	Mulching	78.31±1.91	76.08±7.75	71.16±11.60	6.63±16.79
Polymer (B)	0 g	78.55±2.45	75.14±7.65	70.51±11.94	0.90±2.87
	500 g	78.57±2.32	75.43±5.44	73.41±13.27	6.21±16.95
Kaolin (C)	0%	78.51±2.07	72.29±8.21	74.45±11.21	6.20±16.00
	5%	78.07±2.15	76.10±4.68	68.71±15.87	0.54±2.58
	10%	79.09±2.90	77.47±5.59	72.71±10.15	3.93±14.13
F-test	A	ns	ns	ns	ns
	B	ns	ns	ns	ns
	C	ns	ns	ns	ns
	A X B	ns	ns	ns	ns
	A X C	ns	ns	ns	ns
	B X C	ns	ns	ns	ns
	A X B X C	ns	ns	ns	ns
CV (%)		3.79	8.42	18.55	336.07

ns = non-significant

Table 2 The amount of soil water content after dehydration

Treatment		Soil water content after dehydration (percentage)				
		Day 1	Day 4	Day 7	Day 10	Day 13
Mulching (A)	Non	23.05±6.13	13.82±10.99	8.19±2.21 ^b	5.64±1.59 ^b	3.15±0.94 ^b
	Mulching	23.04±4.26	14.63±3.83	9.59±2.37 ^a	7.17±1.99 ^a	4.61±1.92 ^a
Polymer (B)	0 g	23.33±4.97	14.70±10.83	8.66±2.18	6.49±1.93	4.04±1.55
	500 g	22.76±5.55	13.74±4.23	9.12±2.58	6.32±1.99	3.72±1.80
Kaolin (C)	0%	23.66±5.15	17.01±13.33	8.93±2.49	6.17±1.51	3.96±1.68
	5%	23.03±5.53	12.20±3.12	8.59±2.30	6.39±2.50	3.83±1.93
	10%	22.45±5.30	13.46±2.99	9.15±2.49	6.66±1.79	3.85±1.50
F-test	A	ns	ns	**	**	**
	B	ns	ns	ns	ns	ns
	C	ns	ns	ns	ns	ns
	A X B	ns	ns	ns	ns	ns
	A X C	ns	ns	ns	ns	ns
	B X C	ns	ns	ns	ns	ns
	A X B X C	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		155.73	46.99	112.12	268.91	304.75

ns = non-significant; ** = significant

Means followed by different letters within the same row are significantly different at $P < 0.01$; Mean \pm SD, $n = 3$

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิใบและอุณหภูมิผิวดิน พบว่าการคลุมดินทำให้ค่าผลต่างดังกล่าวสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 10 และ 13 ของการขาดน้ำ โดยต้นที่คลุมดินและไม่คลุมดินมีความแตกต่างเท่ากับ -1.56 และ 0.32°C -1.98 และ 0.70°C ตามลำดับ (ไม่แสดงข้อมูล) เนื่องจากการคลุมดินช่วยลดการระเหยน้ำจากผิวดิน ทำให้ดินยังคงความชื้นได้มากกว่าส่งผลให้อุณหภูมิของดินต่ำกว่า Tuntiwaranuruk (2017) รายงานว่า ในการปลูกมะนาวภายในวงบ่อซีเมนต์ ความชื้นดินภายในวงบ่อที่มีพลาสติกคลุมดินจะมีค่าสูงกว่าเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึก 0.5–2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวใบกับผิวดินมากขึ้น แต่ทั้งนี้ในช่วงแรกของการขาดน้ำพืชที่ได้รับการคลุมดินยังคงสภาพการคายน้ำไว้ได้อย่างต่อเนื่องเพราะดินยังมีความชื้น อุณหภูมิใบจึงต่ำลงมากกว่าดินได้ เช่นเดียวกับที่ Yoosukyingsataporn *et al.* (2014) พบว่าการให้น้ำหญ้าปักกิ่งเพิ่มมากขึ้นช่วยลดอุณหภูมิทรงพุ่ม และเมื่อให้น้ำในปริมาณที่ลดลงมีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของปากใบ อัตราการคายน้ำจากใบ และปริมาณน้ำในใบมีค่าลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดังกล่าวอาจนำไปใช้บ่งบอกความเครียดจากการขาดน้ำของพืชได้

Wiriya-Alongkorn *et al.* (2013) รายงานว่า ภาพถ่ายความร้อนสามารถตรวจจับความเครียดจากภัยแล้งในต้นลำไยได้ โดยสามารถแยกแยะระหว่างต้นที่ขาดน้ำและต้นที่ได้รับน้ำเพียงพอภายในแปลงเดียวกันได้ ก่อนที่อาการทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนแปลงของมุมใบหรือการม้วนใบจะปรากฏ วิธีนี้เป็นการตรวจสอบความเครียดที่ไม่ทำลายตัวอย่าง และสามารถประยุกต์ใช้ในการวางแผนการให้น้ำแก่พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การทดลองในต้นกล้าทุเรียนพบว่าการใช้ดินขาวไม่สามารถลดอุณหภูมิใบในการทดลองได้อย่างชัดเจนนั้น แต่ยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอน เนื่องจาก Cantore *et al.* (2009)

พบว่าภายใต้สภาพโรงเรือนที่ไม่มีลมช่วยพัดความร้อนออกจากใบ การใช้ดินขาวทำให้ปากใบปิดมากขึ้น จึงส่งผลให้พืชคายน้ำน้อยลงทำให้ใบพืชระบายความร้อนได้ลดลงอุณหภูมิใบจึงสูงขึ้นได้ และ Faghihi *et al.* (2025) รายงานว่าแม้จะเพิ่มความเข้มข้นของดินขาวที่ให้พืชในสถานะแห้งแล้งไม่สามารถลดความเครียดจากการขาดน้ำได้

สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยการคลุมดิน การให้สารเพิ่มความชื้นในดิน พอลิเมอร์ และการพ่นดินขาวเกลิน ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าทุเรียนภายหลังการขาดน้ำ อย่างไรก็ตามอาการขาดน้ำของต้นกล้ามีความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยเริ่มปรากฏใบเป็นลอนในวันที่ 4 จากนั้นใบเริ่มม้วนในวันที่ 7 แม้ว่า RWC และความชื้นดินยังลดลงไม่มาก หากปล่อยให้พืชขาดน้ำต่อเนื่องจนถึงวันที่ 10 ใบต้นกล้าจะม้วนแห้ง และค่า RWC ลดลงอย่างชัดเจน พร้อมกับสีใบที่หม่นลงและเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมฟ้ามากขึ้น ส่งผลให้ใบหลุดร่วงในวันที่ 13 ของการขาดน้ำ ดังนั้นเมื่อเริ่มพบอาการใบม้วนในวันที่ 7 ที่สะท้อนถึงการลดลงของค่า RWC ควรให้น้ำทันทีเพื่อป้องกันความเสียหายต่อพืช นอกจากนี้การคลุมดินช่วยรักษาความชื้นในดินได้ดีกว่าการไม่คลุมดิน ดังนั้นแนะนำให้คลุมดินเพื่อรักษาความชื้น และไม่ควรปล่อยให้ต้นกล้าขาดน้ำเกิน 7 วัน โดยสังเกตว่าเมื่อใบเริ่มม้วนควรให้น้ำทันที

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- AbdAllah, A.M., A.M. Mashaheet, R. Zobel and K.O. Burkey. 2019. Physiological basis for controlling water consumption by two snap beans genotypes using different anti-transpirants. **Agricultural Water Management** 214(99): 17–27.
- AbdAllah, A.M., A.M. Mashaheet and K.O. Burkey. 2021. Super absorbent polymers mitigate drought stress in corn (*Zea mays* L.) grown under rainfed conditions. **Agricultural Water Management** 254(2021): 1–13
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106946>
- Arunyanark A., S. Jogloy, C. Akkasaeng, N. Vorasoot, T. Kesmla, R.C. Nageswara Rao, G.C. Wright and A. Patanothai. 2008. Chlorophyll stability is an indicator of drought tolerance in peanut. **Journal of Agronomy and Crop Science** 194(2): 113–125.
- Augé, R.M., M.T. Windham, J.L. Moore, W.T. Witte, E. Kubikova, W.E. Klingeman, R.M. Evans, J.H. Reiss, P.C. Flanagan and A.M. Saxton. 2002. Leaf curl and water relations of Kousa dogwoods showing resistance to summer stress. **Journal of Environmental Horticulture** 20(3): 143–147.
- Berrios, P., A. Temnani, S. Zapata-García, V. Sánchez-Navarro, R. Zornoza and A. Pérez-Pastor. 2024. Effect of deficit irrigation and mulching on the agronomic and physiological response of mandarin trees as strategies to cope with water scarcity in a semi-arid climate. **Scientia Horticulturae**. 324(2024): 1–16
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112572>
- Bhugra, S., S. Chaudhury and B. Lall. 2015. Use of Leaf Colour for Drought Stress Analysis in Rice. pp. 1–4. *In IEEE's 5th National Conference on Computer Vision, Pattern Recognition, Image Processing and Graphics (NCVPRIPG)*. Patna: Indian Institute of Technology Patna (IIT Patna).
<https://doi.org/10.1109/NCVPRIPG.2015.7490060>
- Bolat, I., M. Dikilitas, S. Ercisli, A. İkinci and T. Tonkaz. 2014. The effect of water stress on some morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. **The Scientific World Journal** 4(2014): 1–8.
<https://doi.org/10.1155/2014/769732>.
- Brito, C., L.T. Dinis, J. Moutinho-Pereira and C. Correia. 2019. Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. **Scientia Horticulturae** 250(2019): 310–316.

- Cantore, V., B. Pace and R. Albrizio. 2009. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. **Environmental and Experimental Botany** 66(2): 279–288.
- Chadha, A., S.K. Florentine, B.S. Chauhan, B. Long and M. Jayasundera. 2019. Influence of soil moisture regimes on growth, photosynthetic capacity, leaf biochemistry and reproductive capabilities of the invasive agronomic weed *Lactuca serriola*. **PLoS ONE** 14(6): e0218191. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218191>
- Chaiyot, S. and N. Misuwan. 2023. **Effect of Water Absorbing Polymer and Kaolin on Drought Tolerance of Durian Seedling cv. Mon-Thong**. Bachelor Thesis. Uttaradit Rajabhat University. 47 p. [in Thai]
- Chehab, H., M. Tekaya, B. Mechri, A. Jemai, M. Guiaa, Z. Mahjoub, D. Boujnah, S. Laamari, B. Chihaoui, H. Zakhama, M. Hammami and T. del Giudice. 2017. Effect of the super absorbent polymer Stockosorb on leaf turgor pressure, tree performance and oil quality of olive trees cv. Chemlali grown under field conditions in an arid region of Tunisia. **Agricultural Water Management** 192: 221–231.
- Daraei, R., F. Ghanbari and H.A. Alizadeh. 2024. Co-application of kaolin and superabsorbent polymer mitigate water stress and improves yield and water use efficiency in tomato plant. **Scientia Horticulturae** 338(12): 113691. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113691>
- Denaxa, N.K., P.A. Roussos, T. Damvakaris and V. Stournaras. 2012. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. **Scientia Horticulturae** 137: 87–94.
- Dewedar, O.M., E.A. Youssef, M. Abdelbaset, J.M. Molina-Martinez, H.K. Abdelaal, A.F. El-Shafie and S.L. Belopukhov. 2024. **Maximizing irrigation water use and crop productivity under mulching with geotextile for lettuce plants (*Lactuca sativa* L. var. capitata)**. Retrieved from https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2024/01/bioconf_msnbas2024_02024.pdf. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202024>
- Dulamsuren, C., H. Coners, C. Leuschner and M. Hauck. 2023. Climatic control of high-resolution stem radius changes in a drought-limited southern boreal forest. **Trees** 37: 797–810. <https://doi.org/10.1007/s00468-022-02384-z>

- El-Beltagi, H.S., A. Basit, H.I. Mohamed, I. Ali, S. Ullah, E.A.R. Kamel, T.A. Shalaby, K.M.A. Amadan, A.A. Alkhateeb and H.S. Ghazzawy. 2022. Mulching as a sustainable water and soil saving practice in agriculture: a review. **Agronomy** 12(8): 1881.
<https://doi.org/10.3390/agronomy12081881>
- Faghihi, E., F. Aghamir, M. Mohammadi and S. Ahmadi. 2025. Kaolin application improved growth performances, essential oil percentage, and phenolic compound of *Thymus vulgaris* L. under drought stress. **BMC Plant Biology** 25: 892.
<https://doi.org/10.1186/s12870-025-06847-6>
- Hüttermann, A., M. Zommodi and K. Reise. 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. **Soil and Tillage Research** 50(3): 295–304.
- Jafarnia, S., M. Akbarinia, B. Hosseinpour, S.A.M. Modarres Sanavi and S.A. Salami. 2018. Effect of drought stress on some growth, morphological, physiological, and biochemical parameters of two different populations of *Quercus brantii*. **iForest-Biogeosciences and Forestry** 11(2): 212–220.
- Jungklang, J. 2006. **Physiological and Biochemical Changes under Water Stress in Soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.)**. 37 p. In Research Report. Chiang Mai: Chiangmai University. [in Thai]
- Kwankhao, B., S. Sungnoo and C. Charoensai. 2019. A comparison study on soil moisture and protection of weed using needle punch nonwoven mulch: a case study for planting of cantaloupe. **Journal of Engineering RMUTT** 17(2): 63–73. [in Thai]
- Leštianska, A., M. Hudok, A. Kučera, L. Čačko, J. Jamnický, L. Ditmarová, K. Strelcová and Z. Sitková. 2024. Stem diameter variations indicate different drought response of coniferous tree species in the Western Carpathians. **Biologia** 79(5): 1143–1155.
<https://doi.org/10.1007/s11756-024-01464-9>
- Marsal, J., M. Gelly, M. Mata, A. Arbonés, J. Rufat and J. Girona. 2002. Phenology and drought affects the relationship between daily trunk shrinkage and midday stem water potential of peach trees. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology** 77(4): 411–417.
- Nikolaeva, M. K., S.N. Maevskaya and A.G. Shugaev. 2010. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. **Russian Journal of Plant Physiology** 57: 87–95.
- Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2023. **General information and key agricultural data of Uttaradit province**. Retrieved from <https://www.Opsmoac.go.th/uttaradit-dwl-files>. [in Thai]

- Oladosu, Y., M.Y. Rafii, F. Arolu, S.C. Chukwu, M.A. Salisu, I.K. Fagbohun, T.K. Muftaudeen, S. Swaray and B.S. Haliru. 2022. Superabsorbent polymer hydrogels for sustainable agriculture: a review. **Horticulturae** 8(7): 605. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070605>
- Ratananukul, S. and P. Duangpatra. 1995. Effects of terracottem and high water-absorbing polymer on growth and drought endurance of tree seedlings. **Thai Agricultural Research Journal of Science** 13(3): 175–785. [in Thai]
- Rosati, S.G., R.P. Metcalf, A.E. Buchner, B.D. Fulton and B.D. Lampinen. 2006. Physiological effects of kaolin applications in well-irrigated and water-stressed walnut and almond trees. **Annals of Botany** 98(1): 267–275. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl100>
- Sangmanee, P., V. Somniam and P. Chaikla. 2022. Chlorophyll content and nutrient status in durian leaves and soil grown in an agroforestry system. **Kasetsart Journal** 38(2): 209–221. [in Thai]
- Shellie, K. and D.M. Glenn. 2008. Wine grape response to kaolin particle film under deficit and well-watered conditions. pp. 587–591. *In V International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops*. Leuven: International Society for Horticultural Science. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.792.69>
- Siriphanich, J. 2006. **Postharvest Biology and Plant Senescence**. Bangkok: Kasetsart University Press. 463 p. [in Thai]
- Somniam, V. 2018. **Irrigation Patterns for Durian (*Durio zibethinus* Murr.) cv. Long Lab-Lae in Drought Stress**. 99 p. *In* Research Report. Uttaradit: Uttaradit Rajabhat University. [in Thai]
- Sutjit, C. 2019. **Study of 9-Cis-Epoxycarotenoid Dioxygenase (NCED) Gene Expression Involved in ABA Accumulation during Water Deficit Condition**. Master Thesis. Prince of Songkla University. 80 p. [in Thai]
- Trade Policy and Strategy Office. 2025. **Durian: a key agricultural export product that all agencies must help to safeguard**. Retrieved from [https:// www.tps.go.th/news](https://www.tps.go.th/news). [in Thai]
- Tuntiwaranuruk, U. 2017. **The Predicting of Soil Moisture and Temperature with and without Mulching for Growing Lime in Cement Pond**. 55 p. *In* Research Report. Chonburi: Burapha University. [in Thai]
- Tyree, M.T., G. Vargas, B.M.J. Engelbrecht and T.A. Kursar. 2002. Drought until death do us part: a case study of the desiccation-tolerance of a tropical moist forest seedling tree, *Licania platypus* (Hemsl.) Fritsch. **Journal of Experimental Botany** 53(378): 2239–2247.

- Wang, X., J. Huang, S. Peng and D. Xiong. 2023. Leaf rolling precedes stomatal closure in rice (*Oryza sativa*) under drought conditions. **Journal of Experimental Botany** 74(21): 6650–6661. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad316>
- Wang, Y., Y. Huang, W. Fu, W. Guo, N. Ren, Y. Zhao and Y. Ye. 2020. Efficient physiological and nutrient use efficiency responses of maize leaves to drought stress under different field nitrogen conditions. **Agronomy** 10(4): 523. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040523>
- Wiriyalongkorn, W., W. Spreer, S. Ongprasert, K. Spohrer, T. Pankasemsuk and J. Müller. 2013. Detecting drought stress in longan tree using thermal imaging. **Maejo International Journal of Science and Technology** 7(01): 166–180.
- Yang, B., Y. Yin and C. Yang. 2025. Effects of permeable geotextiles of different densities on soil cracking and evaporation behavior. **Buildings** 15(3): 367. <https://doi.org/10.3390/buildings15030367>
- Yang, Y., S. Zhang, J. Wu, C. Gao, D. Lu and D.W.S. Tang. 2022. Effect of long-term application of super absorbent polymer on soil structure, soil enzyme activity, photosynthetic characteristics, water and nitrogen use of winter wheat. **Frontiers in Plant Science** 13(2022): 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.998494>
- Yoosukyingsataporn, S., S. Detpiratmongkol and B. Chumthong. 2014. Effect of Water Irrigation on Growth and Yield of Beijing Grass. pp. 240–247. *In Proceedings of the 50th Kasetsart University Annual Conference: Plant Section*. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Zarafshar, M., M. Akbarinia, H. Askari, S.M. Hosseini, M. Rahaie, D. Struve and G.G. Striker. 2014. Morphological, physiological and biochemical responses to soil water deficit in seedlings of three populations of wild pear (*Pyrus boissieriana*). **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment** 18: 353–366.
- Ziegler, Y., R. Grote, F. Alongi, T. Knüver and N.K. Ruehr. 2024. Capturing drought stress signals: the potential of dendrometers for monitoring tree water status. **Tree Physiology** 44(12): 1–12 <https://doi.org/10.1093/treephys/tpae140>

โครงสร้างสังคมพืชและลักษณะเชิงปริมาณของไผ่รวกในพื้นที่ป่าชุมชน
บ้านกระทุ่มทอง ตำบลวังข่อย อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์
Vegetation Structure and Quantitative Characteristics
of *Thyrsostachys saimensis* Gamble in the Ban Krathum Thong
Wang Khoi Sub-district, Paisali District, Nakhon Sawan Province

นพรัตน์ หิรัญคำ¹ เพ็ญพิลัย เปี่ยมคิด¹ มณฑล นอแสงศรี² กฤษดา พงษ์กัรรณยภาส³ และแหลมไทย อาษานอก^{3,4,*}

Nopparut Hirunkham¹, Penpilai Piankhit¹, Monthon Nosaengsri²

Kritsada Phongkaranyapas³ and Lamthai Asanok^{3,4,*}

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²สาขาวิชาการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

³สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

⁴ศูนย์บริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹Forest Management Program, School of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

²Forestry Program, School of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

³Agroforestry Program, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

⁴Greenhouse Gas Management Centre, School of Forestry, Maejo University, Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: lamthainii@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1402-943X>

Received: July 25, 2024

Revised: May 25, 2025

Accepted: June 06, 2025

Abstract

Quantitative study of forest community characteristics and non-timber product in community forest can enhance effective area management planning. The objective of this study was to investigate the plant community and quantitative characteristics of bamboo in the community forest at Ban Krathum Thong, Wang Khoi sub-district, Paisali district, Nakhon Sawan province. Sixteen, 20x20 m sampling plots were established for data collection and to classify species composition and bamboo quantity. Results showed that 3 sub-communities were classified. First, the *Lagerstroemia calyculata* sub-community had 29 species with basal area, tree density, and diversity index of 9.83 m² ha⁻¹, 635 trees ha⁻¹, and 2.81, respectively. Second, the *Bombax anceps* sub-community showed 32 species with basal area, tree density, and diversity index of 14.71 m² ha⁻¹, 865 trees ha⁻¹, and 2.74, respectively. Third, *Azadirachta indica* community had 21 species with basal area, tree density, and diversity index of 13.08 m² ha⁻¹ and 557 trees ha⁻¹, and 2.32, respectively. *Thyrsostachys siamensis* was the only bamboo species found in the study area. The mean culm number, DBH, and height were 684.75±401.19 culms rai⁻¹, 6.22±2.55 cm,

and 4.75 ± 195.62 m, respectively. The mean shoot number, diameter, and height were 293 ± 205.52 shoots rai^{-1} , 5.41 ± 2.22 cm, and 186.63 ± 99.32 cm, respectively. The evaluated value of bamboo trunk and shoot were 1,156,230.99 Baht rai^{-1} and 414,559.01 Baht rai^{-1} , respectively. The results indicate that plant communities in the study sites have different tree species composition and bamboo quantities. Therefore, in management planning, the quantitative data of plant communities should be considered important.

Keywords: species composition of tree, non-timber forest products, economics valuation
community forest management

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงปริมาณของลักษณะสังคมพืชและของป่าในพื้นที่ป่าชุมชนสามารถช่วยให้เกิดการวางแผนการจัดการพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างสังคมพืชและลักษณะเชิงปริมาณของไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านกระทุ่มทอง ตำบลวังข่อย อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ ทำการวางแผนตัวอย่างขนาด 20×20 เมตร จำนวน 16 แปลง พร้อมเก็บข้อมูลและวิเคราะห์เพื่อจำแนกองค์ประกอบชนิดพรรณพืชและปริมาณไม้ไม้ ผลการศึกษาพบว่า สามารถจำแนกสังคมย่อยออกเป็น 3 สังคมย่อย ได้แก่ 1) สังคมตะแบกแดงเด่น พบพรรณไม้ 29 ชนิด มีขนาดพื้นที่หน้าตัด ความหนาแน่นของไม้ต้น และดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 9.83 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ 635 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 2.81 ตามลำดับ 2) สังคมจิวป่าเด่น พบพรรณไม้ 32 ชนิด มีขนาดพื้นที่หน้าตัด ความหนาแน่นของไม้ต้น และดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 14.71 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ 865 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 2.74 ตามลำดับ 3) สังคมสะเดาเด่น พบพรรณไม้ 21 ชนิด มีขนาดพื้นที่หน้าตัด ความหนาแน่นของไม้ต้น และดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 13.08 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ 557 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 2.32 ตามลำดับ สสำรวจพบไม้ 1 ชนิด คือ ไม้รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) มีจำนวนลำเฉลี่ยเท่ากับ 684.75 ± 401.19 ลำต่อไร่

มีความโตเฉลี่ย 6.22 ± 2.55 ซม. มีความสูงเฉลี่ย 4.75 ± 1.95 เมตร และปริมาณของหน่อทั้งหมด 293 ± 205.52 หน่อต่อไร่ ความโตของหน่อเฉลี่ย 5.41 ± 2.22 ซม. ความสูงของหน่อเฉลี่ย 186.63 ± 99.32 ซม. เมื่อประเมินลำไม้มีมูลค่าทั้งหมด 1,156,230.99 บาทต่อไร่ และมูลค่าของหน่อทั้งหมด 414,559.01 บาทต่อไร่ ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าพื้นที่ศึกษามีองค์ประกอบชนิดไม้ต้นและปริมาณไม้ไม้ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวางแผนการจัดการควรพิจารณาถึงข้อมูลเชิงปริมาณของสังคมพืชเป็นสำคัญ

คำสำคัญ: องค์ประกอบชนิดไม้ต้น ของป่า การประเมินมูลค่า การจัดการป่าชุมชน

บทนำ

ป่าชุมชนเกิดขึ้นภายใต้พระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 โดยมีเจตนารมณ์ที่จะมุ่งหมายให้ชุมชนได้ประโยชน์จากป่าชุมชน เกิดจิตสำนึกในการดูแลรักษาและจัดการป่าชุมชนร่วมกับรัฐอย่างมีส่วนร่วม ถือเป็นแนวทางสำหรับการป้องกันรักษาป่าที่อยู่นอกเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์ให้เกิดความยั่งยืนต่อไป (Forest Management Bureau, 2018) นอกจากนี้ในการจัดการป่าชุมชนยังมีการส่งเสริมให้เกิดการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนอย่างยั่งยืน (RECOFTC, 2019) การเก็บหาของป่า เช่น การเก็บหาหน่อไม้ เห็ด ผักหวาน และอื่น ๆ ถือเป็นการใช้ประโยชน์

จากป่าชุมชนที่เกิดขึ้นอย่างกว้างขวาง (Subannaseni, 1996) เช่น Dethkhum (2016) ได้ทำการประเมินมูลค่าจากการเก็บหาของป่าจากป่าชุมชน พบว่าของป่าในป่าชุมชนบ้านนากอก อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน มีมูลค่าของป่าจากการใช้ประโยชน์ในปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 2,318.48 บาทต่อครัวเรือนต่อปี มูลค่ารวมทั้งหมดเท่ากับ 190,115.35 บาทต่อปี เป็นต้น ไม้ไผ่และหน่อไม้ ถือเป็นของป่าที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ชุมชนนิยมเก็บหามาใช้ประโยชน์ ทั้งเพื่อการบริโภคและขายสำหรับสร้างรายได้จากการศึกษาของ Soutakone *et al.* (2010) พบว่าการจัดการและการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ธรรมชาติ กรณีศึกษาพื้นที่ป่าสาดและต้นแบบของคณะป่าไม้ มหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว พบว่าใช้ประโยชน์ไม้ไผ่เฉลี่ยครัวเรือนละ 1,994 ลำต่อปี มีรายได้จากไม้ไผ่ครัวเรือนละ 7,741 บาทต่อปี หน่อไม้ใช้เป็นอาหารเฉลี่ยครัวเรือนละ 75.52 กิโลกรัมต่อปี เป็นต้น ดังนั้นในการจัดการป่าชุมชนจึงจำเป็นต้องทราบถึงลักษณะเชิงปริมาณทั้งทางนิเวศวิทยาของสังคมพืชและปริมาณของของป่าในพื้นที่ป่าชุมชน อย่างไรก็ตาม ในการจัดการป่าชุมชนนั้นยังขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับลักษณะทางนิเวศวิทยาของป่าไม้โดยเฉพาะลักษณะโครงสร้างสังคมพืชของแต่ละพื้นที่ (Gadow *et al.*, 2019) เนื่องจากในการจัดการป่าชุมชนส่วนใหญ่มักใช้อ้องค์ความรู้ที่เกิดขึ้นภายในชุมชนเอง (RECOFTC, 2019) และไม่สามารถกำหนดการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายของพืชพรรณได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่ทราบลักษณะเชิงปริมาณอย่างชัดเจน ดังนั้นการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้สำหรับอธิบายนิเวศวิทยาป่าไม้ในเชิงปริมาณจะทำให้ทราบถึงองค์ประกอบชนิดของพรรณไม้ รวมถึงลักษณะปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อสังคมพืชนั้น ๆ (Marod and Kutintara, 2009)

พื้นที่ป่าชุมชนบ้านกระทุ่มทอง ตำบลวังข่อย อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ มีการบริหารจัดการป่าในรูปแบบป่าชุมชนมานานสิบปี โดยการบริหารจัดการได้กำหนดกฎกติกาการใช้ประโยชน์จากป่า (Forest

Resource Management Office 4 Nakhon Sawan Branch, 2019) และในพื้นที่แห่งนี้ชุมชนมีการเก็บหาไม้ไผ่ โดยเฉพาะไผ่รวก ซึ่งมีการเก็บหาทั้งลำไผ่และหน่อไม้เป็นจำนวนมากในแต่ละปี หากแต่ในพื้นที่ป่าชุมชนแห่งนี้ยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะเชิงปริมาณทางโครงสร้างของสังคมพืชและปริมาณของไม้ไผ่อย่างชัดเจน จึงสร้างความยากลำบากในการบริหารจัดการเพื่อให้เกิดความยั่งยืน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและองค์ประกอบชนิดไม้ต้นของป่าชุมชนบ้านกระทุ่มทอง และลักษณะเชิงปริมาณของไม้ไผ่ อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ก่อให้เกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายของพืชพรรณในพื้นที่ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการพื้นที่ให้เกิดความยั่งยืนต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ดำเนินการในป่าชุมชนบ้านกระทุ่มทอง ตำบลวังข่อย อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ ตั้งอยู่ในบริเวณเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาคอก เขาโลมนาง และป่าเขาสอยดาว ที่พิกัด UTM Zone 47Q E686750 N 1726750 (Figure 1) มีพื้นที่ทั้งหมด 786 ไร่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 100–300 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 26–28 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,000–1,200 มิลลิเมตรต่อปี ลักษณะภูมิอากาศโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน (Meteorological Department, 2020) สภาพป่าเป็นป่าเบญจพรรณ และเต็งรัง มีไม้ไผ่ขึ้นปะปน พบพรรณไม้เด่น เช่น ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) เป็นต้น ในการจัดการการตัดไม้ไผ่และเก็บหน่อไม้สามารถหาได้ในช่วงต้นฤดูฝนและจะทำการปิดป่า คือ งดการตัดไม้ไผ่และเก็บหน่อไม้ในช่วงเดือนสิงหาคมของทุกปี

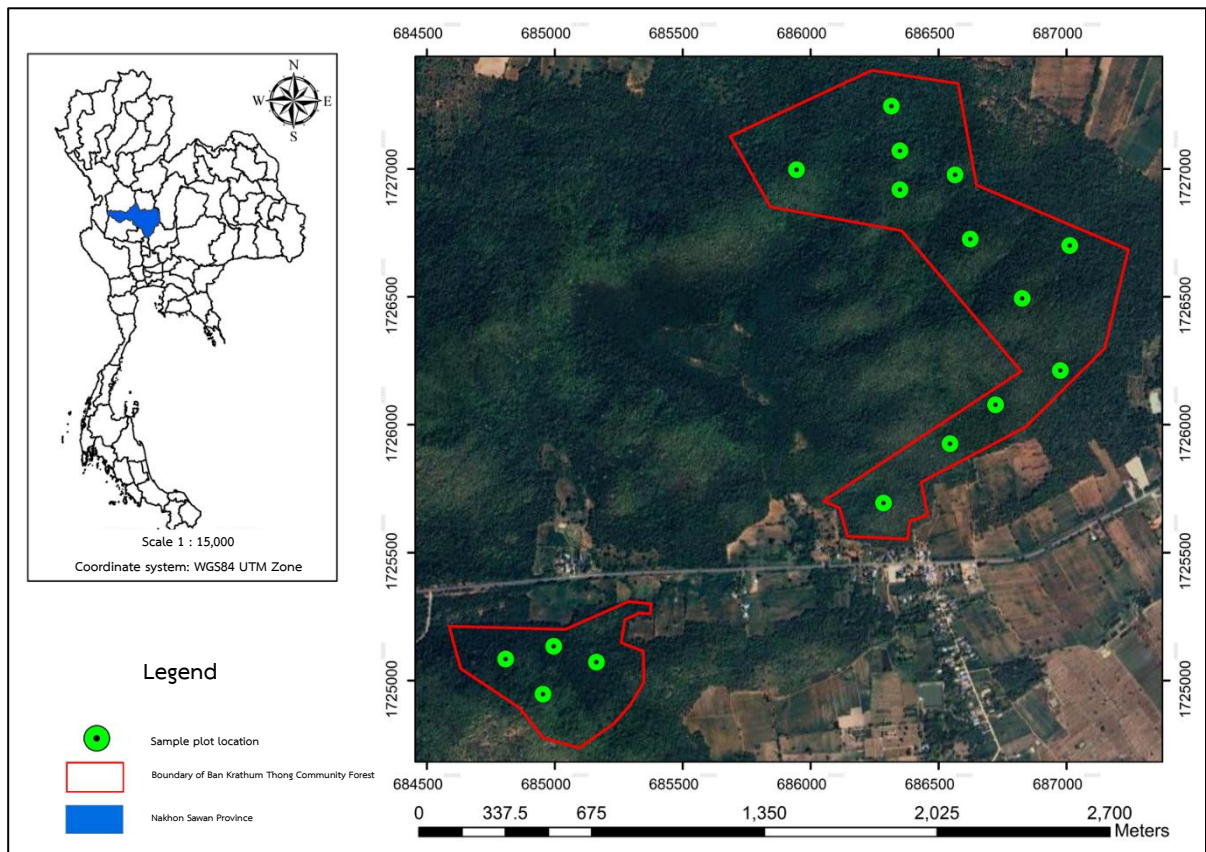


Figure 1 Location of Ban Krathum Thong community forest, Wang Khoi sub-district, Paisali district, Nakhon Sawan province

การคัดเลือกพื้นที่และการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลไม้ต้น

1. คัดเลือกบริเวณที่เป็นตัวแทนที่ดีของสังคมพืช โดยการเดินสำรวจทั่วพื้นที่ แล้วพิจารณาจากการปรากฏ หมู่ไม้และสภาพป่าที่มีความแตกต่างกันในพื้นที่ป่าชุมชน บ้านกระทุ่มทอง

2. ทำการวางแปลงตัวอย่างตามวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยวางแปลงตัวอย่างขนาด 20x20 เมตร จำนวน 16 แปลงตัวอย่าง (0.64 เฮกตาร์) ให้กระจายทั่วพื้นที่ครอบคลุมลักษณะป่าที่แตกต่างกัน จากนั้นในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 20x20 เมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร แล้วเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบของชนิดพรรณพืชของไม้ต้นทุก ๆ แปลงย่อย โดยการบันทึกข้อมูลขนาดความโตทางเส้นผ่าน

ศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก 1.30 เมตร (DBH) ของไม้ต้น (tree) คือ ไม้ที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 ซม. ทุกต้นที่ปรากฏในแปลงตัวอย่าง พร้อมกับทำการจำแนกชนิดโดยใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Pooma and Suddee (2014)

การเก็บข้อมูลไม้ (Bamboo)

ทำการสำรวจในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาหลังจากการปิดป่า คือ งดการเก็บหาไม้ไผ่และหน่อไม้ โดยนับจำนวนกอไผ่ที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างขนาด 20x20 เมตร แล้วเก็บข้อมูลโดยการสุ่มจำนวน 3 ลำในแต่ละกอ เพื่อวัดความสูงทั้งหมดและขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียง

อก 1.30 เมตร (DBH) แต่ละลำ พร้อมทั้งนับจำนวนลำไม้ และจำนวนหน่อในแต่ละกอ ทั้งที่ยังคงอยู่และส่วนที่ถูกตัดไปจากกอไม้แต่ละกอ โดยส่วนที่ถูกตัดทั้งลำไม้และหน่อไม้สังเกตุจากร่องรอยการตัดและเก็บหาหน่อไม้ที่มีร่องรอยใหม่แสดงว่าได้เก็บหาภายในปีที่เก็บข้อมูล หลังจากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหน่อไม้มาชั่งครั้งละ 1 กิโลกรัม จำนวน 30 ตัวอย่าง เพื่อหาค่าเฉลี่ยจำนวนหน่อต่อ 1 กิโลกรัม พร้อมกับสอบถามราคาหน่อไม้จำนวนเป็นบาทต่อกิโลกรัม เพื่อหาราคาเฉลี่ยเป็นบาทต่อหน่อ โดยนำราคาต่อกิโลกรัมมาหารด้วยจำนวนหน่อเฉลี่ยต่อกิโลกรัม พบว่าราคาหน่อไม้ เท่ากับ 1.67 บาทต่อหน่อ รวมทั้งสอบถามราคาไม้ไผ่หน่วยเป็นบาทต่อลำ เนื่องจากตลาดรับซื้อหน่วยเป็นบาทต่อลำอยู่แล้ว พบว่าราคาลำไม้ เท่ากับ 2 บาทต่อลำ สำหรับราคาหน่อไม้และลำไม้ ได้จากการสอบถามราคาซื้อขายจริงจากผู้รับซื้อจำนวน 10 ราย ณ ตลาดรับซื้อหน่อไม้และไม้ไผ่บ้านกระทุ่มทอง

วิเคราะห์ข้อมูล

1. ทำการวิเคราะห์ค่าทางสังคมของไม้ใหญ่ โดยวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance Value Index: IVI) ได้จากการหาความหนาแน่น (Density: D, ต้นต่อเฮกตาร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (Dominance: Do, ตารางเมตรต่อเฮกตาร์) และความถี่ (Frequency: F, ร้อยละ) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพันธ์ทั้งสามค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ นอกจากนี้วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Wiener index (H')

2. ทำการจัดกลุ่มหมู่ไม้ (cluster analysis) โดยใช้ค่าความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 20x20 เมตร มาใช้จำแนกสังคม (community classification) โดยประยุกต์ใช้หลักความคล้ายคลึงของ Sorensen (1948) ในการหาค่าความแตกต่างของสังคมพืช (dissimilarity) และใช้หลักการ

รวมกลุ่มตามวิธีของ Ward (Kent and Coker, 1994) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม PCOR Version 6 (McCune and Mefford, 2011)

3. การประเมินปริมาณไม้ไผ่ และมูลค่าของไม้ไผ่ โดยอ้างอิงราคาซื้อขายจริง ณ ตลาดรับซื้อไม้ไผ่และหน่อไม้บ้านกระทุ่มทอง

3.1) คำนวณลำไม้

1) จำนวนลำไม้ที่คงอยู่ = จำนวนลำไม้เฉลี่ยที่พบในแปลงตัวอย่าง (ลำ) X พื้นที่ทั้งหมด (ไร่)

2) จำนวนลำไม้ที่ถูกตัด = จำนวนลำไม้ที่ถูกตัดเฉลี่ยในแปลงตัวอย่าง (ลำ) X พื้นที่ทั้งหมด (ไร่)

3) จำนวนลำไม้ทั้งหมด = จำนวนลำไม้ที่คงอยู่ + จำนวนลำไม้ที่ถูกตัด

3.2) คำนวณหน่อไม้

1) จำนวนหน่อที่คงอยู่ = จำนวนหน่อเฉลี่ยในแปลงตัวอย่าง (หน่อ) X พื้นที่ทั้งหมด (ไร่)

2) จำนวนหน่อที่ถูกตัด = จำนวนหน่อที่ถูกตัดเฉลี่ยในแปลงตัวอย่าง (หน่อ) X พื้นที่ทั้งหมด (ไร่)

3) จำนวนหน่อที่เกิดขึ้นทั้งหมด = จำนวนหน่อที่คงอยู่ + จำนวนหน่อที่ถูกตัด

3.3) การหามูลค่าไม้ไผ่

1) มูลค่าไม้ไผ่ทั้งหมด = จำนวนลำไม้ทั้งหมด x ราคาไม้ต่อลำ

2) มูลค่าหน่อไม้ทั้งหมด = จำนวนของหน่อไม้ทั้งหมด x ราคาต่อหน่อ

3) มูลค่าของลำไม้ที่ถูกใช้ = จำนวนลำไม้ที่ถูกตัด x ราคาไม้ต่อลำ (คิดเป็นราคา 2 บาทต่อลำ)

4) มูลค่าหน่อไม้ที่ถูกใช้ = จำนวนหน่อที่ถูกตัด x ราคาต่อหน่อ (คิดเป็นราคา 1.67 บาทต่อหน่อ)

3.4) มูลค่าของไม้ที่ถูกใช้ประโยชน์ทั้งหมด

= มูลค่าของลำไม้ที่ถูกตัด + มูลค่าของหน่อที่ถูกตัด

4) การทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณไม้ในแต่ละสังคมพืช ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

หลังจากมีการทดสอบการแจกแจงปกติ ด้วยโปรแกรม SPSS version 14

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความหลากหลายชนิดและลักษณะสังคมพืช

จากการสำรวจทั้งหมด พบไม้ต้น 51 ชนิด 43 สกุล 24 วงศ์ จากไม้ทั้งหมด 485 ต้น สังคมพืชโดยรวมทั้งพื้นที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด และความหนาแน่นของหมู่ไม้

เท่ากับ 12.78 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และ 716 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.12 ชนิดไม้เด่นที่พิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ชนิดแรก ได้แก่ จีวป่า (*Bombax anceps*) เสี้ยวเครือ (*Phanera glauca*) สาธร (*Millettia leucantha*) สะเดา (*Azadirachta indica*) และ ตะแบกแดง (*Lagerstroemia calyculata*) มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 28.98, 27.08, 26.28, 24.24 และ 20.01 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 The top five ranking of Important Value Index (IVI) of tree including; basal area (BA, m² ha⁻¹), stem density (D, stems ha⁻¹) in Krathum Thong community forest, Wang Khoi sub-district, Paisali district, Nakhon Sawan province

Rank	Scientific name	BA	D	IVI
1	<i>Bombax anceps</i>	0.84	81.25	28.98
2	<i>Phanera glauca</i>	0.64	81.25	27.08
3	<i>Millettia leucantha</i>	0.63	81.25	26.28
4	<i>Azadirachta indica</i>	1.08	54.69	24.24
5	<i>Lagerstroemia calyculata</i>	0.50	54.69	20.01

การจำแนกสังคมป่าชุมชนบ้านกระทุ่มทอง

การจำแนกสังคมพืชป่าชุมชนบ้านกระทุ่มทอง โดยการจัดกลุ่มหมู่ไม้ที่ความคล้ายคลึง ร้อยละ 40

สามารถจัดกลุ่มสังคมพืชออกเป็น 3 สังคมย่อย ได้แก่ 1) สังคมตะแบกแดงเด่น 2) สังคมจีวป่าเด่น 3) สังคมสะเดาเด่น (Figure 2)

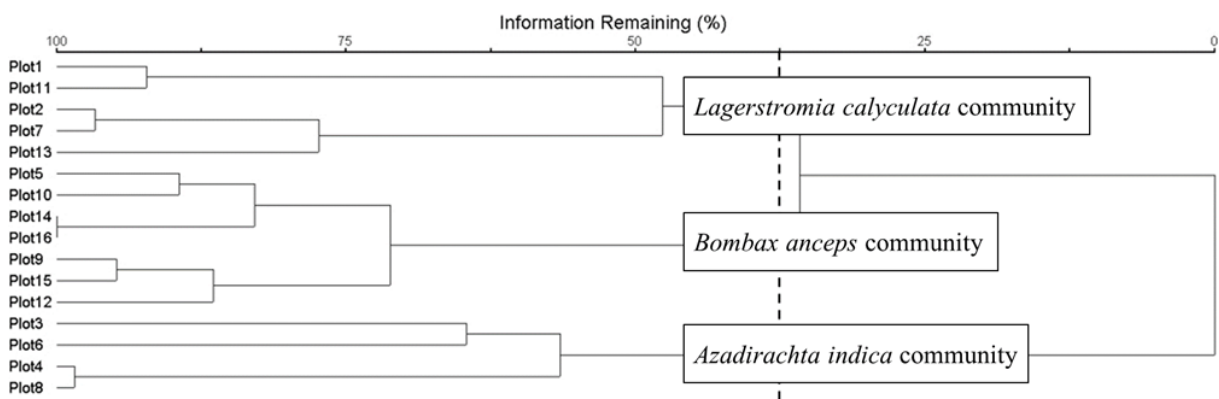


Figure 2 The dendrogram of sub-community in Ban Krathum Thong, Wang Khoi sub-district, Paisali district, Nakhon Sawan province

สังคมตะแบกแดงเตน ประกอบด้วยพรรณไม้ 29 ชนิด 27 สกุล 18 วงศ์ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ และความหนาแน่นของหมู่ไม้เท่ากับ 9.83 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และ 635 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.81 (Table2) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ตะแบกแดง (*Lagerstroemia calyculata*) เสี้ยวเครือ (*Phanera glauca*) จีวป่า (*Bombax anceps*) สาร (*Millettia leucantha*) และ กูก (*Lansea coromandelica*) (Table 3) สังคมตะแบกแดงเตน เป็นสังคมพืชที่มีลักษณะเป็นป่าเบญจพรรณดั้งเดิม โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.81 และมีตะแบกแดงซึ่งเป็นไม้เด่นของป่าเบญจพรรณ (Marod and Kutintara, 2009) เป็นชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด บ่งชี้ว่าในพื้นที่สังคมพืชนี้เป็นป่าค่อนข้างสมบูรณ์ เห็นได้จากการปรากฏค่าดัชนีความหลากหลาย และขนาดพื้นที่หน้าตัดสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสังคมอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษา แสดงว่าในสังคมพืชแห่งนี้ประกอบด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่หลายชนิดกระจายอยู่ในพื้นที่ (Asanok and Taweasuk, 2019) สอดคล้องกับ Grote *et al.* (2013) ที่ศึกษาความหลากหลายของพรรณพืช โครงสร้างป่าในพื้นที่ปกปักพันธุ์กรรมพืช (อพ.สธ.) เขื่อนน้ำพุง จังหวัดสกลนคร พบว่าป่าเบญจพรรณพบพรรณไม้ 57 ชนิด

พรรณไม้มีความหนาแน่นและมีความเด่นมากในป่าเบญจพรรณ ได้แก่ ตะแบก และมะกอกเกลือ ดังนั้น ในพื้นที่แห่งนี้จึงควรกันเป็นเขตอนุรักษ์เพื่อรักษาพันธุ์กรรมของชนิดไม้ดั้งเดิมของป่าเบญจพรรณในพื้นที่ป่าชุมชนแห่งนี้

สังคมจีวป่าเตน ประกอบด้วยพรรณไม้ 32 ชนิด 28 สกุล 16 วงศ์ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ และความหนาแน่นของหมู่ไม้เท่ากับ 14.71 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และ 865 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.74 (Table2) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ จีวป่า (*Bombax anceps*) สาร (*Millettia leucantha*) เสี้ยวเครือ (*Phanera glauca*) สวง (*Vitex limonifolia*) และแดงสะแง (*Schoutenia ovata*) (Table3) สังคมจีวป่าเตน มีลักษณะเป็นสังคมพืชป่าเบญจพรรณรุ่นสอง (secondary forest) ที่ผ่านการรบกวนและกำลังอยู่ในขั้นตอนการทดแทนตามธรรมชาติ (Asanok *et al.*, 2020) เนื่องจาก จีวป่าถือเป็นชนิดไม้เบิกนำที่สำคัญที่มักปรากฏในป่าเบญจพรรณที่ถูกรบกวน สอดคล้องกับ Tara *et al.* (2014) ที่ศึกษาแนวโน้มการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติและการทดแทนของสังคมพืชป่าหุบเขาภูมิลักษณ์ภายหลังการทำสัมปทานป่าไม้ 20 ปี จังหวัดตราด พบว่าสังคมไม้กระบก-จีวป่า มีรูปแบบการกระจายตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแบบชี้กำลังเชิงลบ (negative

power curve) โดยเป็นลักษณะการกระจายของพรรณไม้เบิกนำ ซึ่งไม้เบิกนำเหล่านี้จะเป็นไม้เด่นก่อนพรรณไม้ที่เป็นองค์ประกอบหลักของป่าดั้งเดิมจะฟื้นฟูกลับมาเมื่อเวลาผ่านไปชนิดพรรณไม้ที่เป็นองค์ประกอบหลักของป่าดั้งเดิมเข้ามาทดแทน พรรณไม้เบิกนำจะค่อย ๆ ลดจำนวนลง แต่ไม่สูญหายไปจากสังคม (Kent and Coker, 1994) ดังนั้น ในการจัดการสังคมพืชเหล่านี้ควรมีการส่งเสริมให้เกิดการทดแทนตามธรรมชาติ หรืออาจมีการปลูกไม้เสริมป่า โดยเฉพาะไม้พื้นถิ่นอาจสามารถช่วยให้ลักษณะสังคมพืชเกิดการทดแทนและกลับมามีลักษณะทางสังคมใกล้เคียงกับป่าดั้งเดิมได้รวดเร็วยิ่งขึ้น (Sasanti et al., 2021)

สังคมสะเดาเด่น ประกอบด้วยพรรณไม้ 21 ชนิด 19 สกุล 16 วงศ์ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่และความหนาแน่นของหมู่ไม้เท่ากับ 13.08 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และ 557 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.32 (Table 2) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ

(IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ สะเดา (*Azadirachta indica*) ตะโก (*Diospyros hasseltii*) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*) แจง (*Maerua siamensis*) และ มะกา (*Bridelia ovata*) (Table 3) สังคมสะเดาเด่นเป็นสังคมพืชที่มีการปลูกไม้สะเดาเข้าไปในพื้นที่ เนื่องจากสะเดาเป็นชนิดไม้ต่างถิ่นที่นิยมปลูกเป็นไม้ใช้สอยและเป็นพืชอาหารในพื้นที่ป่าชุมชน (Northern Forestry Research Center, 2019) สอดคล้องกับ Tangmitjaroen (2020) ที่ศึกษาการปลูกป่าและการฟื้นฟูป่าต้นน้ำ โดยแบ่งไม้มีค่าที่เหมาะสมต่อการปลูกพื้นฟูเป็น 8 กลุ่ม ในกลุ่มที่ 4 ได้แก่ จำปาป่า สะเดา กันเกรา เทพทาโร เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมและไม่เกิดผลกระทบจากการบุกรุกป่า ดังนั้น ในการจัดการพื้นที่สังคมพืชแห่งนี้ จึงควรจัดให้เป็นเขตบริการแบบอบเนกประสงค์ เช่น เป็นแหล่งไม้ใช้สอยและพืชอาหาร อาจช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากการรบกวนในพื้นที่สังคมพืชอื่น ๆ ได้

Table 2 Sub-community of *Lagerstroemia calyculata* (LCC), *Bombax anceps* (BAC), and *Azadirachta indica* (AIC) and the ecological characteristics of each sub-community in Ban Krathum Thong community forest, Wang Khoi sub-district, Paisali district, Nakhon Sawan province

Ecological characteristics	Sub-community		
	LCC	BAC	AIC
Number of species (N)	29	32	21
Diversity index (H')	2.81	2.74	2.32
Basal area (m ² ha ⁻¹)	9.83	14.71	13.08
Density (stems ha ⁻¹)	635	865	557

Table 3 The top five ranking of Important Value Index (IVI) of tree including; basal area (BA, m² ha⁻¹), stem density (D, stems ha⁻¹) of sub-community such *Lagerstroemia calyculata* (LCC), *Bombax anceps* (BAC), and *Azadirachta indica* (AIC) in Ban Krathum Thong community forest, Wang Khoi sub-district, Paisali district, Nakhon Sawan province

Sub-community	Species	BA	D	IVI
LCC				
1	<i>Lagerstroemia calyculata</i>	0.27	110	40.45
2	<i>Phanera bracteata</i>	0.19	90	33.26
3	<i>Bombax anceps</i>	0.12	55	24.43
4	<i>Millettia leucantha</i>	0.12	65	23.98
5	<i>Lannea coromandelica</i>	0.21	50	22.40
BAC				
1	<i>Bombax anceps</i>	0.70	142.86	41.46
2	<i>Millettia leucantha</i>	0.46	125.00	33.44
3	<i>Phanera bracteata</i>	0.42	110.71	29.80
4	<i>Vitex limonifolia</i>	0.43	96.43	28.49
5	<i>Schoutenia ovata</i>	0.44	50.00	22.07
AIC				
1	<i>Azadirachta indica</i>	1.07	206.25	99.77
2	<i>Diospyros hasseltii</i>	0.27	56.25	31.84
3	<i>Millettia brandisiana</i>	0.11	68.75	23.44
4	<i>Maerua siamensis</i>	0.05	31.25	13.80
5	<i>Psidium guajava</i>	0.03	18.75	13.48

ปริมาณและมูลค่าไม้ไฟ

ปริมาณไม้ไฟ และหน่อ

จากการศึกษาพบไม้ไฟเพียง 1 ชนิด คือ ไม้รวก (*Thyrsostachys siamensis*) ขึ้นปกคลุมพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอด (gap) และในเรือนยอดชั้นรอง พบลำไม้ทั้งหมดเท่ากับ 684.75±401.19 ลำต่อไร่ มีความโตเฉลี่ย 6.22±2.55 ซม. มีความสูงเฉลี่ย 4.75±1.95 เมตร และปริมาณของหน่อทั้งหมด เท่ากับ 293±205.52 หน่อต่อไร่ ความโตของหน่อเฉลี่ย 5.41±2.22 ซม. ความสูงของหน่อ

เฉลี่ย 186.63±99.32 ซม. (Table 4) อีกทั้งภายในพื้นที่มีการตัดไม้และหน่อนำไปใช้ประโยชน์ทั้งหมด 108.25 ต้นต่อไร่ และหน่อถูกตัดทั้งหมด 103.50 หน่อต่อไร่ โดยสังคมย่อยป่าเบญจพรรณจิวป่าเด่น พบลำไม้ทั้งหมดเท่ากับ 953.14±318.92 ลำต่อไร่ มีความโตเฉลี่ย 7.13±0.46 ซม. มีความสูงเฉลี่ย 5.63±0.38 เมตร และมีปริมาณหน่อมากที่สุด เท่ากับ 440.57±170.37 หน่อต่อไร่ ความโตของหน่อเฉลี่ย 6.34±0.66 ซม. ความสูงของหน่อเฉลี่ย 2.48±55.73 ซม. (Table 4) เนื่องจากไม้เป็นพืช

โตเร็วสามารถปรับตัวได้ดีต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และมีความสามารถในการแพร่กระจายพันธุ์สูงกว่าพืชชนิดอื่น ๆ จากรายงานของ Subannaseni (1996) ที่พบว่าคนในชุมชนมีการใช้ประโยชน์จากไม้ไผ่รวมทั้งหมด 213,268 ลำต่อปี ไผ่ถือว่าเป็นของป่าชนิดหนึ่งที่ทำให้ประโยชน์ เป็นอาหารพื้นบ้าน ใช้สอยในครัวเรือน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัวในระดับท้องถิ่น ก่อให้เกิดการสร้างงาน ในด้านของการเก็บหา การผลิต และการขนส่ง หากมีการจัดการอย่างถูกต้องจะสามารถก่อให้เกิดรายได้ เป็นอย่างมาก สอดคล้องกับ Kamyo *et al.* (2018) พบว่าไม้

สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่ งานก่อสร้างไปจนถึงการใช้หน่อเป็นอาหาร จากการสังเกต พบว่าภายในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านกระทุ่มทองมักมีการเข้ามาใช้ประโยชน์จากไม้ โดยนำไปใช้สอยในครัวเรือน เช่น ทำฟืน สร้างที่อยู่อาศัย นำหน่อไปรับประทาน หรือแปรรูปเป็น หน่อไม้ดอง หน่อไม้เส้น เป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Tangmitjaroen (2020) ที่ศึกษาการจัดการและการใช้ประโยชน์จากไม้ พบว่าไม้รวกถูกนำมาใช้ประโยชน์จากลำต้นมากที่สุด โดยมีการนำมาซ่อมแซมที่อยู่อาศัย เฟอร์นิเจอร์ เครื่องจักสาน เป็นต้น

Table 4 The quantitative value of bamboo in Ban Krathum Thong community forest, Wang Khoi sub-district, Paisali district, Nakhon Sawan province

Type	Average of total	LC community	BA community	AI community	p-value
Number of culm (culms rai^{-1})	684.75±401.19	688.8±226.26 ^a	953.14±318.92 ^a	210±253.86 ^b	0.003**
Remaining of culm (culms rai^{-1})	576.5±342.69	579.20±210.23 ^{ab}	801.71±276.45 ^a	179±215.34 ^b	0.005**
Cutting of culm (culms rai^{-1})	108.25±64.26	109.60±16.64 ^a	151.43±56.87 ^a	31±38.70 ^b	0.003**
DBH of culm (cm)	6.22±2.55	7.65±0.74 ^a	7.13±0.46 ^a	2.85±3.31 ^b	0.002**
Culm height (m)	4.75±1.95	5.50±0.86 ^a	5.63±0.38 ^a	2.27±2.63 ^b	0.004**
Number of shoots (shoots rai^{-1})	293±205.52	268.80±136.92 ^{ab}	440.57±170.37 ^a	65±83.93 ^b	0.004**
Cutting of shoots (shoots rai^{-1})	103.50±70.52	112±52.23 ^{ab}	142.86±64.36 ^a	24±27.91 ^b	0.013*
Remaining of shoots (shoots rai^{-1})	189.50±140.90	156.80±89.15 ^{ab}	297.71±115.63 ^a	41±58.46 ^b	0.003**
Diameter of shoot (cm)	5.41±2.22	6.25±0.89 ^a	6.34±0.66 ^a	2.75±3.17 ^b	0.009**
Shoot height (m)	1.86±99.32	2.04.20±51.32 ^a	2.48.19±55.73 ^a	0.56.92±88.37 ^b	0.001**

Values in same row followed by different lowercase letters are significantly different at $P < 0.05$ (Duncan's multiple comparison test). Treatments marked with different lowercase letters are significantly different, where

* = significant at 0.05 level ($p \leq 0.05$), ** = highly significant at 0.01 level ($p \leq 0.01$)

*** = very highly significant at 0.001 level ($p \leq 0.001$), and ns = not significant at 0.05 level ($p > 0.05$).

มูลค่าไม้ไผ่ และหน่อ

มูลค่าของไม้ไผ่ต่อไร่พบว่า มีลำไผ่มูลค่าทั้งหมด 1,156,230.99 บาทต่อปี มูลค่าของหน่อทั้งหมด 414,559.01 บาทต่อปี เมื่อพิจารณาในแต่ละสังคมย่อยพบว่า สังคมจิ้งป่าเต็งมีมูลค่าลำไผ่และหน่อไม้สูงที่สุด

เท่ากับ 686,677.66 บาทต่อปี และ 256,031.58 บาทต่อปี ตามลำดับ รองลงมา ได้แก่ สังคมย่อยตะแบกแดงเต็งเท่ากับ 417,948.45 บาทต่อปี และ 136,190.03 บาทต่อปี ตามลำดับ และสังคมสะเดาน้อยที่สุดเท่ากับ 51,604.87 บาทต่อปี และ 13,337.40 บาทต่อปี (Table 5) จากการ

สำรวจของโรงงานไม้ตราไก่อ่าเรียงซึ่งเป็นโรงงานแปรรูปไม้ไผ่ พบว่ามีการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ประมาณ 204,000 ลำต่อปี มีมูลค่าการส่งออกเท่ากับ 7,200,000 บาทต่อปี (Asanok *et al.*, 2015) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับป่าชุมชนในพื้นที่อื่น ๆ พบว่าไม้ไผ่และหน่อไม้มีมูลค่าสูงกว่ามูลค่าของไม้ไผ่ในพื้นที่ป่าชุมชนซับลังกาที่มีการตัดลำไผ่

ออกมาใช้ประโยชน์ประมาณ 50,512 ลำต่อปี มีมูลค่าประมาณ 419,786.4 บาท (Chompunuch and Isvilanond, 1995) และในป่าชุมชนบ้านแม่งาวฝั่งขวา โดยปริมาณที่นำหน่อไม้ออกมาทั้งปีเท่ากับ 171,000 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 342,000 บาท (Wuthisawas and Kongsila, 2022)

Table 5 The value of bamboo in sub-community such *Lagerstroemia calyculata* (LCC), *Bombax – anceps* (BAC), and *Azadirachta indica* (AIC) in Ban Krathum Thong Community forest, Wang Khoi sub-district, Paisali district, Nakhon Sawan province

Sub-community	Total area (rai)	Total		Cutting		Remaining	
		Culm	Shoot	Culm	Shoot	Culm	Shoot
LCC	303.39	417,948.45	136,190.03	66,502.83	56,745.85	351,445.62	79,444.19
BAC	360.22	686,677.66	265,031.58	109,095.83	85,939.60	577,581.84	179,091.97
AIC	122.87	51,604.87	13,337.40	7,617.86	4,924.58	43,987.01	8,412.82
Total	786.48	1,156,230.99	414,559.01	183,216.52	147,610.03	973,014.46	266,948.98

The value of bamboo and shoots per year

สรุปผลการวิจัย

ความหลากหลายของพรรณไม้ในป่าชุมชนบ้านกระทุ่มทอง พบไม้ต้นทั้งหมด 51 ชนิด 43 สกุล 24 วงศ์ จากไม้ทั้งหมด 485 ต้น มีขนาดพื้นที่หน้าตัดและความหนาแน่นของหน่อไม้ เท่ากับ 12.78 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และ 716 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ สามารถจำแนกสังคมย่อยตามชนิดไม้เด่นจำแนกได้ 3 สังคม ได้แก่ สังคมตะแบกแดงเด่น สังคมจ้าวป่าเด่น สังคมสะเดาเด่น ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าสังคมพืชในพื้นที่ศึกษามีความหลากหลายของลักษณะสังคมพืช จึงควรจัดการแต่ละสังคมอย่างเหมาะสม เช่น สังคมตะแบกแดงควรกำหนดให้เป็นเขตอนุรักษ์ สังคมจ้าวป่าเด่นควรกำหนดให้เป็นเขตพื้นที่ฟู ส่วนสังคมสะเดาเด่นควรกำหนดให้เป็นเขตบริการ

เป็นต้น เมื่อประเมินมูลค่าของไม้ในพื้นที่ พบว่าสังคมย่อยจ้าวป่าเด่นมีมูลค่าของลำไผ่และหน่อไม้สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ สังคมย่อยตะแบกแดงเด่น และสังคมสะเดา นอกเหนือจากการใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารแล้วยังสามารถใช้สอยในด้านอเนกประสงค์ได้อีกด้วย ซึ่งมูลค่าของไม้สามารถเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัวในระดับท้องถิ่นและก่อให้เกิดการสร้างงาน นอกจากนี้ควรมีการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากไม้รวกเพื่อส่งออกสู่ตลาด เช่น ถ่านไม้ไผ่ พลังงานชีวมวล และสารสกัดจากใบไผ่ในอุตสาหกรรมอาหารและยา โดยส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกรในระดับวิสาหกิจชุมชน ที่จะผลักดันให้ไม้รวกสามารถนำมาสร้างมูลค่ามากกว่าการใช้ประโยชน์จากหน่อและเนื้อไม้เท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่หน่วยป้องกันรักษาป่าที่ นว.4 (ห้วยน้ำลาด) และชุมชนโดยรอบพื้นที่ป่าชุมชนบ้านกระทุ่มทอง ที่อำนวยความสะดวกและให้การสนับสนุนในการศึกษาวิจัยในพื้นที่ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยจนสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Asanok, L., N. Papakjun, J. Pansatan and S. Mhaymun. 2015. The Preliminary Study on Stocking and Utilization of Bamboo in Mixed Deciduous Forest with Bamboo after Disturbance at Huai Mae Hin Community Forest, Ngao District Lumpang Province. pp. 175–181. *In Proceedings of Thailand Forest Ecological Research Network (T-FERN): Ecological Knowledge for Sustainable Management*. Phitsanulok: Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment Naresuan University. [in Thai]
- Asanok, L. and R. Taweasuk. 2019. Plant functional trait composition in the edge of deciduous dipterocarp forest and mixed deciduous forest at Mae Khum Mee watershed, Phrae province. *Thai Forest Ecological Research Journal* 3(2): 1–8. [in Thai]
- Asanok, L., R. Taweasuk and N. Papakjan. 2020. Woody species colonization along edge-interior gradients of deciduous forest remnants in the Mae Khum Mee Watershed, Northern Thailand. *International Journal of Forestry Research* 1: 5867376 <https://doi.org/10.1155/2020/5867376> [in Thai]
- Chompunuch, S. and S. Isvilanond. 1995. Economic value and management of Sublangka bamboo forest, Lopburi province. *Thailand Journal Forest* 14: 46–58. [in Thai]
- Dethkhum, P. 2016. *An Economic Valuation of a Community Forest in Ban Nakok, Bokluea District, Nan Province, Thailand*. Master Thesis. Thammasat University. 188 p. [in Thai]
- Forest Management Bureau. 2018. *Forest Status Data Compilation Project*. Bangkok: Royal Forestry Department. 296 p. [in Thai]
- Forest Resource Management Office 4 Nakhon Sawan Branch. 2019. *Nakhon Sawan Community Forest Database*. Bangkok: Royal Forestry Department. 78 p. [in Thai]

- Gadow, K.V., C.Y. Zhang, C. Wehenkel, A. Pommerening, J. Corral-Rivas, M. Korol, S. Myklush, G.Y. Hu.i, A. Kiviste and X.H. Zhao. 2019. Forest Structure and Diversity. 389 p. *In* Pukkala, T. and K. von Gadow (eds.). **Continuous Cover Forestry, Managing Forest Ecosystems**. Cham: Springer.
- Grote, J.P., N. Muengsan, P. Suwanwaree, K. Mekkomol and S. Sansuk. 2013. **Diversity of Plants, Forest Structure and Aboveground Soil Carbon Content in the Plant Genetic Protection Area of RSPG, Nampung Dam, Sakon Nakhon Province and in the Area of Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima Province**. 114 p. *In* Research Report. Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology. [in Thai]
- Kamyo, T., N. Noimung and S. Suwannawon. 2018. Production and utilization of *Gigantochloa albociliata* in MaeSai community forest, Rong Kwang district, Phrae province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 2(2): 25–30. [in Thai]
- Kent, M. and P. Coker. 1994. **Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach**. Hoboken: John Wiley and Sons. 369 p.
- Marod, D. and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Bangkok: Kasetsart University Press. 540 p. [in Thai]
- McCune, B. and M.J. Mefford. 2011. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 6.0 for Windows**. Oregon: MjM Software, Gleneden Beach. 304 p.
- Meteorological Department. 2020. **Climate of Nakhon Sawan province**. Retrieved from <https://www.tmd.go.th/weather/province/nakhon-sawan> [in Thai]
- Northern Forestry Research Center. 2019. **Azadirachta indica A. Juss. var. Siamensis Valetton**. Bangkok: Forest Research and Development Office, Royal Forest Department. 37 p. [in Thai]
- Pooma, P. and S. Suddee. 2014. **Names of Plants of Thailand, Tem Samitanan**. Bangkok: Office of the Herbarium, Forest and Plant Conservation Research, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 288 p. [in Thai]
- RECOFTC. 2019. **Community Forests: The Essence and Issues**. Working Group on Community Forest Support in Thailand. Bangkok: Kasetsart University. 30 p. [in Thai]
- Sasanti, A., R. Taweasuk., P. Preamosee, A. Kapjuun and L. Asanok. 2021. Vegetation structure of tree and edaphic factor in 40-year-old of restoration areas at Mae Sa Khon head-watershed area, Nan province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 5(1): 1–6. [in Thai]

- Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. **Biologiske Skrifter** 5(4): 1–34.
- Soutakone, K., M. Jamroenprucksasri and W. Hoamuangkaew. 2010. Management and utilization of natural bamboo forest: a case study in a demonstration and model forest of the Faculty of Forestry, National University of Laos. **Thai Journal of Forestry** 29(1): 26–32
- Subannaseni, W. 1996. **Forest Products in Thailand: Fruit Production**. Bangkok: Research and Development Division Bureau of Forestry Studies. 152 p. [in Thai]
- Tangmitjaroen, S. 2020. **Reforestation and Restoration of Upstream Forests**. Bangkok: Forest Department. 107 p. [in Thai]
- Tara, A., S. Teejuntuk, M. Jamroenpluk and Y. Trisurat. 2014. Natural Regeneration and Succession Trends of Secondary Dry Evergreen Forest Plant Communities after 20 years in a Former Logging Concession, Trat Province. pp. 331–339. **In Proceedings of 52nd Kasetsart University Annual Conference: Science, Natural Resources and Environment**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Wuthisawas, P. and T. Kongsila. 2022. The participation in resource management bamboo forest Ban Phatub, Thambol Phasing, Amphur Muang, Nan Province. **Journal of Social Sciences and Humanities** 48(1): 197–150

ความหลากหลายชนิดของไม้ต้นในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์

ป่าชุมชนบ้านหาดปู่ด้าย จังหวัดลำปาง

Diversity of Tree Species in Conservation Area and Utilization Area at Ban Hadpudai Community Forest, Lampang Province

กฤษดา พงษ์การณยภาส^{1,*} แหลมไทย อาษานอก¹ พิทยาธร อินแก้ว¹ และวรรณอุบล สิงห์อยู่เจริญ²

Kritsada Phongkaranyaphat^{1,*}, Lamthai Asanok¹, Pittayatorn Inkaew¹

and Wannaubon Singyoocharoen²

¹สาขาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²กลุ่มวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹Program in Agroforestry, Maejo University-Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

²General Education, Maejo University-Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: k.phongkaranyaphat@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0004-3801-7809>

Received: December 23, 2024

Revised: July 18, 2025

Accepted: August 07, 2025

Abstract

This research aimed to compare the diversity of tree species in conservation and utilization forest areas by specifying 3 sample plots of 20x50 square meters for each area to investigate the number of tree species, which were classified into 3 aged-classes: trees, saplings, and seedlings. The collected tree data were analyzed for the Importance Value Index (IVI) and species diversity index (H') of Shannon-Wiener. The results enumerated 55 species, 45 genera, and 22 families of trees in Ban Hadpudai community forest. The family Fabaceae was the most abundant tree family, followed by Rubiaceae, Bignoniaceae, Combretaceae, and Dipterocarpaceae, respectively. In the conservation forest area 38 species, 32 genera and 16 families were identified. The top 5 tree species with the highest IVI were *Shorea siamensis* Miq. (38.25%), *Xylia xylocarpa* (Roxb.) W. Theob. (28.66%), *Shorea obtusa* Wall. ex Blume (14.07%), *Terminalia alata* B. Heyne ex Roth (13.50%), and *Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr. (13.37%), respectively. Species diversity indices of trees, saplings, and seedlings age-classes were 1.99 (low), 2.49 (moderate), and 3.06 (high) respectively, whereas 29 species, 22 genera, and 12 families of trees were classified in the utilization forest area. The top 5 tree species with the highest IVI were *Shorea siamensis* Miq. (62.01%), *Shorea obtusa* Wall. ex Blume (33.08%), *Xylia xylocarpa* (Roxb.) W.Theob. (22.61%), *Terminalia mucronata* Craib & Hutch. (21.00%), and *Xantolis cambodiana* (Pierre ex

Dubard) P. Royen (19.82%), respectively. Species diversity indices of trees, saplings, and seedlings age-classes were 1.45 (very low), 2.55 (moderate), and 2.86 (moderate), respectively.

Keywords: plant community structure, species diversity, forest resources, community forest management

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความหลากหลายชนิดไม้ต้น ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ โดยวิธีการวางแปลงตัวอย่างขนาด 20x50 ตารางเมตร พื้นที่ละ 3 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลจำนวนชนิดไม้แยกออกเป็น 3 ชั้นอายุ ได้แก่ ระดับไม้ใหญ่ ลูกไม้ และกล้าไม้ตามลำดับ นำข้อมูลชนิดและจำนวนของไม้ต้นไปวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (IVI) และค่าดัชนีความหลากหลาย (H') ของ Shannon-Wiener ผลการศึกษาพบชนิดไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านหาดปู่ตาย จำนวน 55 ชนิด 45 สกุล 22 วงศ์ โดยพบชนิดไม้ต้นในวงศ์ Fabaceae มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ วงศ์ Rubiaceae, Bignoniaceae, Combretaceae และ Dipterocarpaceae ตามลำดับ โดยในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ พบชนิดไม้ต้นทั้งหมด 38 ชนิด 32 สกุล 16 วงศ์ ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ รัง (38.25%) แดง (28.66%) เต็ง (14.07%) รกฟ้า (13.50%) และกุ่ม (13.37%) ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ใหญ่อยู่ในระดับต่ำ เท่ากับ 1.99 ลูกไม้ เท่ากับ 2.49 และกล้าไม้ เท่ากับ 3.06 ส่วนในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ พบชนิดไม้ต้นทั้งหมด 29 ชนิด 22 สกุล 12 วงศ์ โดยชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ รัง (62.01%) เต็ง (33.08%) แดง (22.61%) ตะแบกเลือด (21.00%) และนมนาง (19.82%) ตามลำดับ ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก เท่ากับ 1.45 ส่วนชั้นลูกไม้และกล้าไม้มีค่าในระดับปานกลาง เท่ากับ 2.55 และ 2.86 ตามลำดับ

คำสำคัญ: โครงสร้างสังคมพืช ความหลากหลายชนิดทรัพยากรป่าไม้ การจัดการป่าชุมชน

บทนำ

ป่าชุมชนบ้านหาดปู่ตาย ตำบลนาแสง อำเภอกะลา จังหวัดลำปาง เริ่มก่อตั้งโครงการและขึ้นทะเบียนเป็นป่าชุมชนเมื่อปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ 4,234 ไร่ อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่โฮ สภากฎมพิเศษเป็นที่ราบเชิงเขาริมฝั่งแม่น้ำวัง มีวิถีชีวิตเรียบง่ายพึ่งพาตนเอง ร่วมกับต้นทุนทางทรัพยากรที่อุดมสมบูรณ์ มีแหล่งอารยธรรมที่เก่าแก่ และวัฒนธรรมที่เข้มแข็ง (Department of Environmental Quality Promotion, 2018) แต่ในอดีตพื้นที่ป่าไม้แห่งนี้มีการอนุญาตสัมปทานป่าไม้ และทำเหมืองแร่ฟอสเฟต รวมไปถึงการลักลอบตัดไม้เพื่อแปรรูปและเผาถ่านขาย ส่งผลให้สภาพป่าเสื่อมโทรมลงเนื่องจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องไม่สามารถดูแลได้ทั่วถึง ในระยะเวลาไม่นานต้นไม้ในป่าก็หมดไป ส่งผลให้น้ำในลำห้วยแห้งแล้ง ไม่สามารถทำนา และทำการเกษตรอื่น ๆ ได้ตามปกติ ชาวบ้านเดือดร้อนเป็นเหตุให้วัยแรงงานจำนวนมากต้องย้ายเข้าสู่สังคมเมือง จนกระทั่งผู้นำชุมชนบ้านหาดปู่ตายได้มองเห็นความสำคัญของป่าไม้ที่มีประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ประกอบกับทางราชการได้รณรงค์ให้มีการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อเชิญชวนชาวบ้านให้ร่วมมือกันอนุรักษ์ โดยเข้าร่วมกับเครือข่ายป่าชุมชนระดับจังหวัด ไปศึกษาข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ได้แก่ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้

อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ป่าชุมชนบ้านสามขา เครือซีเมนต์ไทย (Siam Cement Group, SCG) เครือข่ายป่าชุมชนจังหวัดลำปาง และสมาคมเพื่อการเรียนรู้ป่าชุมชนจังหวัดลำปาง จากนั้นนำความรู้และประสบการณ์มาถ่ายทอดพร้อมลงมือปฏิบัติจนเกิดผล ชุมชนได้ประโยชน์ และเป็นที่ยอมรับของคนในชุมชน ทำให้ในปัจจุบันมีการอนุรักษ์ฟื้นฟูป่าต้นน้ำ ที่สามารถฟื้นฟูให้ได้น้ำเหมาะสมแก่ระบบการผลิต สร้างความชุ่มชื้นให้แก่พื้นที่ ด้วยการทำฝายชะลอน้ำ ระบบการพักน้ำ และระบบเหมืองฝาย เกิดการฟื้นฟูป่าสืบต่อเนื่องกันมากกว่า 30 ปี (Royal Forest Department, 2021)

การจัดการป่าชุมชนบ้านหาดปู่ดำ มีการกำหนดพื้นที่เขตป่าอนุรักษ์และพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน จนเป็นที่ยอมรับของคนในชุมชน เนื่องจากความหลากหลายของพืชป่า ทำให้ชาวบ้านได้ประโยชน์โดยตรงจากพืชอาหารท้องถิ่น สามารถสร้างรายได้ และยังมี การแบ่งปันคนต่างหมู่บ้านที่เข้ามาใช้ประโยชน์ในพื้นที่ ผ่านกฎระเบียบของป่าชุมชน จากผลของความสำเร็จในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านหาดปู่ดำดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงพิจารณาเห็นความสำคัญของการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบองค์ประกอบชนิดและโครงสร้างสังคมของไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านหาดปู่ดำ ทั้งในเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และเขตพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงรูปแบบการจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ประสบความสำเร็จ และการฟื้นฟูป่าโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ป่าชุมชนบ้านหาดปู่ดำ หมู่ที่ 1 ตำบลนาแสง อำเภอกะลา จังหวัดลำปาง สภาพพื้นที่ประกอบด้วยป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง รวมพื้นที่ทั้งหมด 4,234 ไร่

มีการบริหารจัดการแบ่งเป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ 3,969 ไร่ พื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ 265 ไร่

การวางแผนตัวอย่างและเก็บข้อมูล

ทำการวางแผนตัวอย่างขนาด 20x50 ตารางเมตร ในเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และเขตพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ จำนวนพื้นที่ละ 3 แปลง รวมเป็น 6 แปลง แต่ละแปลงแบ่งแปลงย่อย ขนาด 10x10 ตารางเมตร เพื่อเก็บข้อมูลชนิดไม้ ขนาดความโตและความสูงของไม้ที่พบ โดยแบ่งออกเป็นระดับไม้ใหญ่ (tree) หรือไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at Breast Height, DBH) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป จากนั้นสร้างแปลงย่อยขนาด 4x4 ตารางเมตร เพื่อเก็บข้อมูลชนิดไม้ในระดับลูกไม้ (sapling) สำหรับไม้ที่มีค่า DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร แต่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร และแปลงย่อยขนาด 1x1 ตารางเมตร เพื่อเก็บข้อมูลระดับกล้าไม้ (seedling) ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร และทำการจำแนกชนิดไม้โดยวิธีเก็บตัวอย่างพันธุ์ไม้ (specimens) เพื่อนำมาทำการจำแนก โดยพิจารณาจากลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดอก ผล และใบ ส่วนชื่อพื้นเมืองอ้างอิงจากหนังสือชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (Smitinand, 2004) จากนั้นจัดทำบัญชีรายชื่อพรรณไม้ (species list) โดยระบุระดับวงศ์ (family) สกุล (genus) และชนิด (species)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทำการวิเคราะห์ลักษณะลักษณะทางสังคมพืชเชิงปริมาณนิเวศวิทยาป่าไม้ (Marod and Kutintara, 2009) เพื่อคำนวณค่าความหนาแน่น (Density, D) ความถี่ (Frequency, F) ความเด่น (Dominance, Do) ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density, RD) ค่าความถี่สัมพัทธ์ (Relative Frequency, RF) ค่าความเด่นสัมพัทธ์ (Relative Dominance) และค่าความสำคัญของชนิดไม้ (Importance Value Index, IVI) จากสูตร

$$IVI(\%) = RD(\%) + RDo(\%) + RF(\%)$$

2. วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Species diversity index) โดยประยุกต์ใช้สมการของ Shannon-Wiener (Magurran, 2004) ดังนี้

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

เมื่อ H' = ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Wiener
 S = จำนวนชนิดของไม้ต้นทั้งหมดที่พบ
 P_i = สัดส่วนของจำนวนต้นในชนิดที่ i ต่อผลรวมของจำนวนต้นทั้งหมดทุกชนิดในสังคม

ผลการวิจัย

ชนิดไม้ต้นที่สำรวจพบในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านหาดปู่ด้าย

จากการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านหาดปู่ด้าย ตำบลนาแสง อำเภอกะลา จังหวัดลำปาง พบชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้นทั้งหมด 55 ชนิด 45 สกุล 22 วงศ์ โดยพบพืชในวงศ์ Fabaceae พบมากที่สุด 8 ชนิด รองลงมา ได้แก่ วงศ์ Rubiaceae, Bignoniaceae, Combretaceae และ Dipterocarpaceae ที่มี 6, 5, 4 และ 4 ชนิด ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 List of tree species found in Ban Hadpudai Community Forest

No	Species	Vernacular	Family
1	<i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth.	Phruet (Thai)	Fabaceae
2	<i>A. odoratissima</i> (L.f.) Benth.	Kang Khi Mot (Thai)	Fabaceae
3	<i>Bauhinia acuminata</i> L.	Som Siao (Thai)	Fabaceae
4	<i>Dalbergia cultrata</i> T.S. Ralph	Ket Dam (Thai)	Fabaceae
5	<i>D. lanceolaria</i> L.f.	Ket Daeng (Thai)	Fabaceae
6	<i>Millettia brandisiana</i> Kurz	Kaphi Chan (Thai)	Fabaceae
7	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Pradu (Thai)	Fabaceae
8	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob.	Daeng (Thai)	Fabaceae
9	<i>Catunaregam longispina</i> (Link) Tirveng.	Nam Thaeng (Thai)	Rubiaceae
10	<i>Gardenia obtusifolia</i> Roxb. ex Kurz	Kramop (Thai)	Rubiaceae
11	<i>G. turgida</i> (Roxb.) Tirveng.	Dik Diiam (Thai)	Rubiaceae
12	<i>Hymenodictyon orixense</i> (Roxb.) Mabb.	Som Kop (Thai)	Rubiaceae
13	<i>Mitragyna rotundifolia</i> (Roxb.) Kuntze	Krathum Noen (Thai)	Rubiaceae
14	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Yo Pa (Thai)	Rubiaceae
15	<i>Dolichandrone spathacea</i> (L.f.) K. Schum.	Khae Pa (Thai)	Bignoniaceae
16	<i>Heterophragma sulfureum</i> Kurz	Khaek Fa (Thai)	Bignoniaceae

Table 1 (Continued)

No	Species	Vernacular	Family
17	<i>Markhamia stipulata</i> (Wall.) Seem.	Khae Hua Mu (Thai)	Bignoniaceae
18	<i>Stereospermum cylindricum</i> Pierre ex Dop	Khae Foi (Thai)	Bignoniaceae
19	<i>S. neuranthum</i> Kurz	Khae Sai (Thai)	Bignoniaceae
20	<i>Terminalia alata</i> B. Heyne ex Roth	Rok Fa (Thai)	Combretaceae
21	<i>T. chebula</i> Retz.	Samo Thai (Thai)	Combretaceae
22	<i>T. mucronata</i> Craib & Hutch.	Tabaek Lueat (Thai)	Combretaceae
23	<i>T. nigrovenulosa</i> Pierre ex Gagnep.	Khi Ai (Thai)	Combretaceae
24	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	Phluang (Thai)	Dipterocarpaceae
25	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	Takhian Thong (Thai)	Dipterocarpaceae
26	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	Teng (Thai)	Dipterocarpaceae
27	<i>S. siamensis</i> Miq.	Rang (Thai)	Dipterocarpaceae
28	<i>Buchanania latifolia</i> Roxb.	Mamuang Hua Maeng Wan (Thai)	Anacardiaceae
29	<i>B. reticulata</i> Hance	Hua Maeng Wan (Thai)	Anacardiaceae
30	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk (Thai)	Anacardiaceae
31	<i>Antidesma ghaesembilla</i> Gaertn.	Mao Khai Pla (Thai)	Phyllanthaceae
32	<i>Bridelia retusa</i> (L.) A. Juss.	Teng Nam (Thai)	Phyllanthaceae
33	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	Makham Pom (Thai)	Phyllanthaceae
34	<i>Bombax anceps</i> Pierre	Ngio Pa (Thai)	Malvaceae
35	<i>Colona flagrocarpa</i> (C.B. Clarke) Craib	Poi Yap (Thai)	Malvaceae
36	<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Phlapphla (Thai)	Malvaceae
37	<i>Chukrasia tabularis</i> A. Juss.	Yom Hin (Thai)	Meliaceae
38	<i>Heynea trijuga</i> Roxb. ex Sims	Mafueang Pa (Thai)	Meliaceae
39	<i>Walsura trichostemon</i> Miq.	Kat Lin (Thai)	Meliaceae
40	<i>Tectona grandis</i> L.f.	Sak (Thai)	Lamiaceae
41	<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer	Ka Sam Pik (Thai)	Lamiaceae
42	<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr.	Takhop Pa (Thai)	Salicaceae
43	<i>F. rukam</i> Zoll. & Moritzi	Takhop Thai (Thai)	Salicaceae
44	<i>Sisyrolepis muricata</i> (Pierre) Leenh.	Takhro Nam (Thai)	Sapindaceae

Table 1 (Continued)

No	Species	Vernacular	Family
45	<i>Schleichera oleosa</i> (Lour.) Oken	Takhro (Thai)	Sapindaceae
46	<i>Milusa velutina</i> (DC.) Hook. f. & Thomson	Khang Hua Mu (Thai)	Annonaceae
47	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	Makok Kluean (Thai)	Burseraceae
48	<i>Mammea siamensis</i> (Miq.) T. Anderson	Saraphi (Thai)	Calophyllaceae
49	<i>Dillenia obovata</i> (Blume) Hoogland	San Yai (Thai)	Dilleniaceae
50	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jack) Benth. & Hook. f. ex Dyer	Tio Khon (Thai)	Hypericaceae
51	<i>Lagerstroemia undulata</i> Koehne	Sela Dam (Thai)	Lythraceae
52	<i>Memecylon pauciflorum</i> Blume	Mueat Ae (Thai)	Melastomataceae
53	<i>Gomphia serrata</i> (Gaertn.) Kanis	Chang Nao (Thai)	Ochnaceae
54	<i>Xantolis cambodiana</i> (Pierre ex Dubard) P. Royen	Nom Nang (Thai)	Sapotaceae
55	<i>Ailanthus integrifolia</i> Lam.	Sadao Pa (Thai)	Simaroubaceae

Note: Thai vernacular names were transliterated according to the Royal Thai General System of Transcription (RTGS).

องค์ประกอบชนิดไม้ยืนต้นในพื้นที่ป่าอนุรักษ์

ระดับไม้ใหญ่ (tree) สํารวจพบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 38 ชนิด 32 สกุล 16 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้ใหญ่ เท่ากับ 1.99 ซึ่งถือว่ามีความหลากหลายในระดับต่ำมาก มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ในสังคม เท่ากับ 1,053.33 ต้น/เฮกตาร์ โดยชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ รัง (113.33) แดง (120.00) เต็ง (50.00) รกฟ้า (60.00) และก๊าก (66.67) ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย เท่ากับ 17.95 ตารางเมตร/เฮกตาร์ และเมื่อประเมินความสำคัญของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ รัง (38.25) แดง (28.66) เต็ง (14.07) รกฟ้า (13.50) และก๊าก (13.37) ตามลำดับ

ระดับลูกไม้ (sapling) สํารวจพบทั้งหมด 23 ชนิด 20 สกุล 14 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของลูกไม้

เท่ากับ 2.49 ซึ่งถือว่ามีความหลากหลายอยู่ในระดับต่ำ มีความหนาแน่น เท่ากับ 1,895.83 ต้น/เฮกตาร์ โดยชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงสุด 5 อันดับ ได้แก่ แดง (500.00) ยมหิน (354.17) กาสามปึก (229.17) สะเดา (104.17) และตะคร้อหนาม (62.50) ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ และเมื่อประเมินความสำคัญของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ แดง (45.60) ยมหิน (35.99) กาสามปึก (23.63) สะเดา (9.34) และตะคร้อหนาม (9.07) ตามลำดับ

ระดับกล้าไม้ (seedling) สํารวจพบทั้งหมด 31 ชนิด 28 สกุล 15 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของกล้าไม้ เท่ากับ 3.06 ซึ่งถือว่ามีความหลากหลายในระดับสูง มีความหนาแน่น เท่ากับ 23,333.33 ต้น/เฮกตาร์ โดยชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงสุด 5 อันดับ ได้แก่ ยมหิน (3,000.00) รัง (2,666.00) แดง (2,666.67) ก๊าก

(1,666.67) และประตู (1,666.67) ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ และเมื่อประเมินค่าความเด่นของชนิดไม้ในสังคม โดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนี ความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ยมหิน (25.36) รั้ง (23.93) แดง (20.80) กุ่ม (13.39) และประตู (13.39) ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Characteristics of tree, sapling and seedling communities (only top ten species in terms of IVI order are shown) in the conservation area of Ban Hadpudai community forest, Lampang province

	Species	D (no.ha ⁻¹)	Do (m ² ha ⁻¹)	F	RD (%)	RDo (%)	RF (%)	IVI
Tree								
1	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	113.33	3.73	33.33	10.76	20.78	6.71	38.25
2	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob.	120.00	1.90	33.33	11.39	10.56	6.71	28.66
3	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	50.00	0.95	20.00	4.75	5.29	4.03	14.07
4	<i>Terminalia alata</i> B.Heyne ex Roth	60.00	0.56	23.33	5.70	3.10	4.70	13.50
5	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	66.67	0.54	20.00	6.33	3.02	4.03	13.37
6	<i>Terminalia mucronata</i> Craib & Hutch.	43.33	0.80	20.00	4.11	4.45	4.03	12.59
7	<i>Sisyrolepis muricata</i> (Pierre) Leenh.	43.33	0.76	20.00	4.11	4.24	4.03	12.38
8	<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer	50.00	0.57	20.00	4.75	3.15	4.03	11.92
9	<i>Buchanania latifolia</i> Roxb -	30.00	0.88	20.00	2.85	4.91	4.03	11.78
10	<i>Xantolis cambodiana</i> (Pierre ex Dubard) P. Royen	30.00	0.53	16.67	2.85	2.95	3.36	9.15
	Others	446.67	6.74	270.00	642.41	37.55	54.36	134.32
	Total	1,053.33	17.95	496.67	100.00	100.00	100.00	300.00
Sapling								
1	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob	500.00		33.33	26.37		19.23	45.60
2	<i>Chukrasia velutina</i> M. Roem.	354.17		30.00	18.68		17.31	35.99
3	<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer	229.17		20.00	12.09		11.54	23.63
4	<i>Ailanthus integrifolia</i> Lam.	104.17		6.67	5.49		3.85	9.34
5	<i>Sisyrolepis muricata</i> (Pierre) Leenh.	62.50		10.00	3.30		5.77	9.07
6	<i>Terminalia chebula</i> Retz.	83.33		6.67	4.40		3.85	8.24
7	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	62.50		6.67	3.30		3.85	7.14
8	<i>Mammea siamensis</i> (Miq.) T. Anderson	83.33		3.33	4.40		1.92	6.32

Table 2 (Continued)

	Species	D (no. ha ⁻¹)	Do (m ² ha ⁻¹)	F	RD (%)	RDo (%)	RF (%)	IVI
Sapling								
9	<i>Antidesma ghaesembilla</i> Gaertn.	41.67		6.67	2.20		3.85	6.04
10	<i>Stereospermum neuranthum</i> Kurz	41.67		6.67	2.20		3.85	6.04
	Others	333.33		43.33	17.58		25.00	42.58
	Total	1,895.83		173.33	100.00		100.00	200.00
Seedling								
1	<i>Chukrasia velutina</i> M. Roem.	3,000.00		26.67	12.86		12.50	25.36
2	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	2,666.67		26.67	11.43		12.50	23.93
3	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob	2,666.67		20.00	11.43		9.37	20.80
4	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	1,666.67		13.33	7.14		6.25	13.39
5	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	1,666.67		13.33	7.14		6.25	13.39
6	<i>Terminalia alata</i> B.Heyne ex Roth	1,333.33		10.00	5.71		4.69	10.40
7	<i>Sisyrolepis muricata</i> (Pierre) Leenh.	1,000.00		10.00	4.29		4.69	8.97
8	<i>Bombax anceps</i> Pierre	666.67		6.67	2.86		3.13	5.98
9	<i>Bauhinia acuminata</i> L.	666.67		6.67	2.86		3.13	5.98
10	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	666.67		6.67	2.86		3.13	5.98
	Others	7,333.33		73.33	31.43		34.38	65.80
	Total	23,333.33		213.33	100.00		100.00	200.00

องค์ประกอบชนิดไม้ต้นในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์

ระดับไม้ใหญ่ (tree) สํารวจพบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 29 ชนิด 22 สกุล 12 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้ใหญ่ เท่ากับ 1.45 ซึ่งถือว่ามีความหลากหลายอยู่ในระดับต่ำมาก มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ในสังคม เท่ากับ 1,180.00 ต้น/เฮกตาร์ ชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ รัง (320.00) เต็ง (143.33) แดง (96.67) ตะแบกเลือด (90.00) และกระท่อมเนิน (76.67) ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย เท่ากับ 12.17 ตารางเมตร/เฮกตาร์ และเมื่อประเมินค่าความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ รัง (62.01) เต็ง (33.08) แดง (22.61) ตะแบกเลือด (21.00) และนมนาง (19.82) ตามลำดับ

ระดับลูกไม้ (sapling) สํารวจพบทั้งหมด 19 ชนิด 17 สกุล 10 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้หนุ่ม เท่ากับ 2.55 และพบว่าความสามารถในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับลูกไม้ของสังคมพืชบริเวณนี้ มีความหนาแน่นโดยรวม เท่ากับ 1,916.67 ต้น/เฮกตาร์ ชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงสุด 5 อันดับ ได้แก่ ประดู่ (333.33) แดง (270.83) กูก (250.00) กระมอม (187.50) และรัง (145.83) ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ และเมื่อประเมินค่าความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ประดู่ (32.65) แดง (29.39) กูก (23.21) กระมอม (18.26) และรัง (16.08) ตามลำดับ

ระดับกล้าไม้ (seedling) สํารวจพบทั้งหมด 23 ชนิด 19 สกุล 12 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ

กล้าไม้ เท่ากับ 2.86 และพบว่าลูกไม้ของสังคมพืชบริเวณนี้ มีความหนาแน่นโดยรวม เท่ากับ 21,333.33 ต้น/เฮกตาร์ ชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงสุด 5 อันดับ ได้แก่ ประดู่ (2,333.33) แดง (2,666.67) รัง (2,333.33) เหมือดแอ (2,000.00) และกุ่ม (1,666.67) ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ และเมื่อประเมินค่าความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนี ความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ประดู่ (23.01) แดง (22.84) รัง (19.56) เหมือดแอ (17.00) และกุ่ม (16.43) ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Characteristics of tree, sapling and seedling communities (only top ten species in terms of IVI order are shown) in the utilization area of Ban Hadpudai community forest, Lampang province

Species		D (no. ha ⁻¹)	Do (m ² ha ⁻¹)	F	RD (%)	RDo (%)	RF (%)	IVI
Tree								
1	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	320.00	3.27	33.33	27.12	26.89	8.00	62.01
2	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	143.33	1.57	33.33	12.15	12.93	8.00	33.08
3	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob.	96.67	0.88	30.00	8.19	7.22	7.20	22.61
4	<i>Terminalia mucronata</i> Craib & Hutch.	90.00	0.85	26.67	7.63	6.98	6.40	21.00
5	<i>Xantolis cambodiana</i> (Pierre ex Dubard) P. Royen	56.67	0.95	30.00	4.80	7.82	7.20	19.82
6	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	60.00	0.89	26.67	5.08	7.28	6.40	18.76
7	<i>Mitragyna rotundifolia</i> (Roxb.) Kuntze	76.67	0.49	33.33	6.50	4.01	8.00	18.51
8	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	43.33	1.06	20.00	3.67	8.67	4.80	17.14
9	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	36.67	0.49	20.00	3.11	4.00	4.80	11.91
10	<i>Ailanthus integrifolia</i> Lam.	46.67	0.43	16.67	3.95	3.52	4.00	11.48
Others		210.00	1.30	146.67	17.80	10.68	35.20	63.67
Total		1,180.00	12.17	416.67	100.00	100.00	100.00	300.00
Sapling								
1	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	333.33		30.00	17.39		15.25	32.65
2	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob.	270.83		30.00	14.13		15.25	29.38
3	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	250.00		20.00	13.04		10.17	23.21
4	<i>Gardenia obtusifolia</i> Roxb. ex Kurz	187.50		16.67	9.78		8.47	18.26
5	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	145.83		16.67	7.61		8.47	16.08
6	<i>Chukrasia velutina</i> M. Roem.	125.00		13.33	6.52		6.78	13.30
7	<i>Terminalia chebula</i> Retz.	125.00		10.00	6.52		5.08	11.61

Table 3 (Continued)

Species		D	Do	F	RD	RDo	RF	IVI
		(no. ha ⁻¹)	(m ² ha ⁻¹)		(%)	(%)	(%)	
Sapling								
8	<i>Memecylon pauciflorum</i> Blume	104.17		6.67	5.43		3.39	8.82
9	<i>Terminalia mucronata</i> Craib & Hutch.	62.50		10.00	3.26		5.08	8.35
10	<i>Antidesma ghaesembilla</i> Gaertn.	62.50		6.67	3.26		3.39	6.65
	Others	250.00		36.67	13.04		18.64	31.69
	Total	1,916.67		196.67	100.00		100.00	200.00
Seedling								
1	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	2,333.33		23.33	10.94		12.07	23.01
2	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob.	2,666.67		20.00	12.50		10.34	22.84
3	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	2,333.33		16.67	10.94		8.62	19.56
4	<i>Memecylon pauciflorum</i> Blume	2,000.00		16.67	9.38		8.62	18.00
5	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	1,666.67		16.67	7.81		8.62	16.43
6	<i>Chukrasia velutina</i> M. Roem.	1,666.67		16.67	7.81		8.62	16.43
7	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	1,333.33		10.00	6.25		5.17	11.42
8	<i>Gardenia obtusifolia</i> Roxb. ex Kurz	1,000.00		10.00	4.69		5.17	9.86
9	<i>Antidesma ghaesembilla</i> Gaertn.	1,000.00		10.00	4.69		5.17	9.86
10	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	666.67		6.67	3.13		3.45	6.57
	Others	4,666.67		46.67	21.88		24.14	46.01
	Total	21,333.33		193.33	100.00		100.00	200.00

การเปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณของสังคมพืช

ระดับไม้ใหญ่ ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์มีจำนวนชนิดไม้ยืนต้น เท่ากับ 38 ชนิด มากกว่าในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ มีจำนวนเท่ากับ 29 ชนิด เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ อยู่ในระดับน้อยเหมือนกัน เท่ากับ 1.99 และ 1.45 ตามลำดับ ส่วนขนาดพื้นที่หน้าตัดในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เท่ากับ 5.39 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ซึ่งมากกว่าในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ ที่มีค่าเท่ากับ 3.65 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ค่าความเด่นในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เท่ากับ 17.95 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ซึ่งมากกว่าในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ ที่มีค่าเท่ากับ 12.55 ตารางเมตร/เฮกตาร์ และค่าความหนาแน่นของหมู่

ไม้ในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์มากกว่าพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เท่ากับ 1,180.00 ต้น/เฮกตาร์ และ 1,053.33 ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ

ระดับลูกไม้ ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์มากกว่า พื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ เท่ากับ 23 ชนิด และ 19 ชนิด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายชนิดในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์มากกว่าพื้นที่ป่าอนุรักษ์เท่ากับ 2.55 และ 2.49 ตามลำดับ ส่วนค่าความหนาแน่นของหมู่ไม้ในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์มากกว่าพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เท่ากับ 1,916.67 ต้น/เฮกตาร์ และ 1,895.833 ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ

ระดับกล้าไม้ ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์มากกว่าพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ จำนวนเท่ากับ 31 ชนิด และ 23 ชนิด

ตามลำดับ ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดในพื้นที่ป่าอนุรักษ์มากกว่าพื้นที่ใช้ประโยชน์ เท่ากับ 3.06 และ 2.86 ตามลำดับ ส่วนค่าความหนาแน่นของหมู่ไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์มากกว่าพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ เท่ากับ 23,333.33 ต้น/เฮกตาร์ และ 21,333.33 ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 4)

Table 4 Quantitative characteristics comparison between the conservation and utilization of plant community in Ban Hadpudai community forest, Lampang Province.

Quantitative characteristics of plant community	Classification zone	
	Conservation area	Utilization area
Tree		
Number of tree species	38	29
Species diversity index (H')	1.99	1.45
Basal area (m ² ha ⁻¹)	5.39	3.65
Dominance (m ² ha ⁻¹)	17.95	12.55
Density (individuals ha ⁻¹)	1,053.33	1,180.00
Sapling		
Number of tree species	23	19
Species diversity index (H')	2.49	2.55
Density (individuals ha ⁻¹)	1,895.83	1,916.67
Seedling		
Number of tree species	31	23
Species diversity index (H')	3.06	2.86
Density (individuals ha ⁻¹)	23,333.33	21,333.33

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการสำรวจชนิดพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ ในป่าชุมชนบ้านหาดปู่ด้าย พบว่าจำนวนชนิด ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของลำต้นในระดับไม้ใหญ่ บริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์มากกว่าพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ แต่ค่าความหนาแน่นของระดับไม้ต้นและลูกไม้ ในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์มีค่ามากกว่าพื้นที่อนุรักษ์ เนื่องจากการบริหารจัดการพื้นที่ป่าชุมชนบ้านหาดปู่ด้าย ให้ชุมชนสามารถ

เข้าใช้ประโยชน์ด้านเนื้อไม้ และของเก็บหาของป่าได้โดยผ่านกฎระเบียบของชุมชน เมื่อมีการตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่ จึงเป็นการเปิดการปกคลุมชั้นเรือนยอด ทำให้แสงสว่างส่องถึงพื้นป่าได้มากกว่าพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ส่งผลให้ต้นกล้าและพืชล่างที่ต้องการแสงมีโอกาสเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น แม้ว่าความหลากหลายของชนิดพันธุ์ และขนาดของต้นไม้ใหญ่ลดลง แต่ความหนาแน่นของต้นไม้ในระดับล่างกลับเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์

ด้านสังคมไม้ต้นพบว่า ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย (basal area) เท่ากับ 5.39 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และมีค่าความเด่น (importance value) เท่ากับ 17.95 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงกว่าพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ที่มีค่าเท่ากับ 3.65 และ 12.55 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ผลดังกล่าวสะท้อนถึงการมีอยู่ของไม้ขนาดใหญ่และชนิดไม้ที่มีบทบาทสำคัญทางโครงสร้างในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ อย่างไรก็ตาม ค่าความหนาแน่นของหมู่ไม้ (tree density) ในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์กลับสูงกว่าซึ่งอาจเกิดจากการฟื้นฟูของไม้ขนาดเล็กหลังการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jariyapong *et al.* (2019) ที่รายงานค่าความหนาแน่นของไม้ต้น 536 ต้น และค่าความหลากหลายชนิดเท่ากับ 2.87 ในพื้นที่ป่าธรรมชาติ จังหวัดสุรินทร์ นอกจากนี้ การฟื้นฟูพื้นที่ป่าผ่านการปลูกไม้โครงสร้างยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพในระยะยาว โดย Elliott *et al.* (2006) รายงานว่า การปลูกไม้โครงสร้างจำนวน 29 ชนิด ในพื้นที่ต้นน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ส่งผลให้เกิดการฟื้นตัวของพรรณไม้ธรรมชาติเพิ่มขึ้นมากกว่า 60 ชนิด ภายในระยะเวลาเพียง 6 ปี แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าอนุรักษ์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและโครงสร้างของระบบนิเวศป่าไม้ ขณะเดียวกัน พื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ควรได้รับการฟื้นฟูอย่างต่อเนื่องด้วยวิธีการที่เหมาะสม เพื่อรักษาสมดุลทางนิเวศและเพิ่มคุณค่าของทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน จากนั้นกลุ่มพรรณพืชที่มีอายุน้อยกว่าและมีความแข็งแรงก็เจริญเติบโตทดแทนและยึดครองพื้นที่ดังกล่าว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจเป็นไปอย่างช้า ๆ และใช้เวลานานนับร้อย ๆ ปี กว่าที่สังคมพืชจะมีความสมดุลทั้งด้านองค์ประกอบพรรณพืชและโครงสร้างของประชาชนที่สัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมในพื้นที่ ส่วนใหญ่แล้วสังคมพืชที่มีสภาพปัจจัยแวดล้อมคล้ายคลึงกันหรือมีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง (homogenous environment) ทั้งด้านสมบัติดิน และ

สภาพภูมิอากาศ ส่งผลให้ความแปรผันของสังคมพืชมีแนวโน้มเป็นแบบรูปแบบเดียวกัน

เมื่อพิจารณาความหลากหลายชนิดของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านหาดปูด้าย ทั้งบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์และพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ พบว่ามีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดอยู่ในระดับต่ำ แสดงให้เห็นว่าชนิดไม้เด่นในสังคมมักเป็นชนิดเดิมซ้ำ ๆ กัน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงขนาดของลำต้นหรือความเด่น พบว่าสังคมไม้ต้นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดของลำต้นรวมทั้งในระดับไม้ใหญ่และลูกไม้มากกว่าสังคมพืชไม้ต้นบริเวณพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ แต่กลับมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าลักษณะป่าที่ไม่มีการใช้ประโยชน์หรือไม่ถูกรบกวน จะมีขนาดของไม้ต้นและเรือนยอดที่ใหญ่กว่า ส่งผลให้มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ลดน้อยลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Thammanu *et al.* (2020) ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านแม่เชียงรายลุ่ม จังหวัดลำปาง พบว่าค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ (H') มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.491 ± 0.281 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง สะท้อนถึงสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ในทางตรงกันข้ามพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์มักมีค่าความหนาแน่นของต้นไม้ในระดับสูง โดยเฉพาะต้นไม้ขนาดเล็ก ซึ่งเป็นผลจากการปลูกฟื้นฟูหรือการทดแทนหลังการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ เช่น การตัดไม้หรือการเก็บเกี่ยวผลผลิต ป่าไม้ ขณะเดียวกัน Wongyai (2021) ได้ศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านหนองเต่า อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าพื้นที่ป่าอนุรักษ์มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้สูงกว่าพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') และค่าดัชนีบ่งชี้สภาพป่าสูงกว่า ในขณะที่ค่าความหนาแน่นของต้นไม้ในป่าใช้ประโยชน์กลับมีค่าสูงกว่าป่าอนุรักษ์ สาเหตุที่ทำให้พื้นที่ป่าอนุรักษ์มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้และพื้นที่หน้าตัดของลำต้นในระดับไม้ใหญ่มากกว่า เป็นผลมาจากการควบคุมหรือจำกัดการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่า ซึ่งช่วยรักษาสภาพแวดล้อมของป่าให้มีความอุดมสมบูรณ์และคงโครงสร้างป่าที่ซับซ้อน ส่งผลต่อการดำรง

อยู่ของสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดได้อย่างต่อเนื่อง ในทางกลับกัน พื้นที่ป่าใช้ประโยชน์มักมีการนำทรัพยากรป่าไปใช้ เช่น การตัดฟันไม้ การเก็บของป่า หรือการใช้พื้นที่บางส่วนในการเกษตร ส่งผลให้เกิดช่องว่างในเรือนยอดและแสงสามารถส่องถึงพื้นป่าได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดการงอกของต้นกล้าและพืชขนาดเล็กเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของต้นไม้จึงสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ความหลากหลายของชนิดพันธุ์และขนาดต้นไม้กลับลดลง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดด้านนิเวศป่าที่ระบุว่า โครงสร้างป่าที่มีความหลากหลายและซับซ้อนจะส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพมากกว่าโครงสร้างป่าที่ถูกรบกวน (Abson *et al.*, 2014; Tripathi *et al.*, 2019)

เมื่อพิจารณาปริมาณของกล้าไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของป่าชุมชนบ้านหาดปู่ด้าย พบว่ามีค่าความหนาแน่นสูง เนื่องจากไม่ถูกรบกวนจากมนุษย์และสัตว์เลี้ยง ซึ่งการเลี้ยงสัตว์มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ตามธรรมชาติ Kudin (1999) กล่าวว่า การนำสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย แพะ แกะ เข้าไปเลี้ยงเป็นจำนวนมากในป่าธรรมชาติ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสังคมพืชได้ เพราะสัตว์ละชนิดมักเลือกกินพืชตามที่ชอบและทำลายพืชบางอย่างที่ได้รับผลกระทบได้ง่าย สภาพปัจจัยแวดล้อมแวดล้อมหลายอย่างอาจเปลี่ยนแปลงไป เช่น ดิน สภาพภูมิอากาศ ในระดับท้องถิ่น และสัตว์ป่า Hansoda (2004) ศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงวัวต่อสังคมพืชในป่าดิบเขาที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเมี่ยงและภูทอง จังหวัดพิษณุโลก โดยการเปรียบเทียบพื้นที่ที่มีการเลี้ยงวัว พบว่าการเลี้ยงวัวมีแนวโน้มก่อผลกระทบต่อค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้ยืนต้น ไม้รุ่ม และไม้พื้นล่างลดลง โดยเฉพาะไม้พื้นล่างลดลงอย่างชัดเจน นั่นคือ การเลี้ยงวัวมีผลกระทบต่อไม้รุ่มและไม้พื้นล่างแต่ไม่มีผลกระทบต่อไม้ยืนต้น จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงสัตว์ในป่ามีผลกระทบต่อความหนาแน่นของลูกไม้และกล้าไม้ ดังนั้น การจัดการพื้นที่ป่าอย่างเหมาะสมและลดการรบกวนจากมนุษย์และสัตว์เลี้ยงจึงเป็นสิ่งสำคัญในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้

อย่างไรก็ตามป่าชุมชนมีความสำคัญกับวิถีชีวิตของคนในชุมชนโดยรอบ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งอาหาร เช่น การเก็บพืชผัก เก็บเห็ด ไข่มดแดง และการใช้สอยพื้นที่ในด้านอื่น ๆ เช่น การเก็บฟืน การเลี้ยงสัตว์ (Choopan, 2007) ดังนั้นการบริหารจัดการป่าชุมชนแบบแบ่งเขตการอนุรักษ์และเขตการใช้ จึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะส่งผลให้เกิดความยั่งยืนของทรัพยากรป่าไม้ จึงควรส่งเสริมการอนุรักษ์พันธุ์ไม้ตามธรรมชาติในพื้นที่ เพื่อใช้ในการเป็นฐานข้อมูลพื้นฐานในการจัดการฟื้นฟูและอนุรักษ์พื้นที่ป่าชุมชนหาดปู่ด้ายในอนาคตต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ป่าชุมชนบ้านหาดปู่ด้าย แบ่งออกเป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์และป่าใช้ประโยชน์ ชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้นที่พบทั้งหมด 55 ชนิด 45 สกุล 22 วงศ์ โดยพบพืชในวงศ์ Fabaceae มากที่สุด รองลงมา Rubiaceae, Bignoniaceae, Combretaceae และ Dipterocarpaceae ตามลำดับ โดยในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ระดับไม้ใหญ่พบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 38 ชนิด 32 สกุล 16 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายของระดับไม้ใหญ่ เท่ากับ 1.99 ระดับลูกไม้ เท่ากับ 2.49 และระดับกล้าไม้ เท่ากับ 3.06 ส่วนในพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ ระดับไม้ใหญ่พบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 29 ชนิด 22 สกุล 12 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายของระดับไม้ใหญ่ เท่ากับ 1.45 ระดับลูกไม้ เท่ากับ 2.55 และระดับกล้าไม้ เท่ากับ 2.86

จากการศึกษาความหลากหลายชนิดและองค์ประกอบชนิดไม้ต้นในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ของป่าชุมชนบ้านหาดปู่ด้าย พบว่าพื้นที่ป่าอนุรักษ์มีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ใหญ่สูงกว่าพื้นที่ป่าใช้ประโยชน์ สะท้อนให้เห็นว่าการรักษาพื้นที่ป่าโดยไม่ถูกรบกวนจากกิจกรรมมนุษย์สามารถคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพและโครงสร้างป่าที่สมบูรณ์ได้ดีกว่า ในขณะที่พื้นที่ป่าใช้ประโยชน์มีค่าความหนาแน่นของต้นไม้สูงกว่า แต่ลักษณะเด่น คือ ไม้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงวัยอ่อนและมี

ขนาดเล็ก ซึ่งอาจเกิดจากการฟื้นตัวของป่าหลังการใช้ประโยชน์หรือการจัดการโดยชุมชนที่ยังไม่ส่งผลในระยะยาว การศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่าขนาดและความต่อเนื่องของไม้ใหญ่มีบทบาทสำคัญในการคงไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเติบโตของพืชระดับอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ประชาชนย่อมได้รับประโยชน์จากป่าชุมชนทั้งทางตรงและทางอ้อม การบริหารจัดการป่าชุมชนแบบแบ่งเขตพื้นที่ใช้ประโยชน์และพื้นที่อนุรักษ์ จึงเป็นวิธีการที่สะท้อนถึงศักยภาพของการจัดการป่าชุมชนแบบมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายสงวน อินทิ ประธานป่าชุมชน บ้านหาดปู้ด้ายผู้นำชุมชนและคณะกรรมการป่าชุมชน บ้านหาดปู้ด้าย ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการวิจัย และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้การสนับสนุน งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Abson D.J., H. von Wehrden, S. Baumgärtner, J. Fischer, J. Hanspach, W. Härdtle, H. Heinrichs, A.M. Klein, D.J. Lang, P. Martens and D. Walmsley. 2014. Ecosystem services as a boundary object for sustainability. **Ecological Economics** 103(2014): 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.04.012>

Choopan, T. 2007. Plant diversity and ethnobotany in Khok-Rai forest, Chiang Yuen district, Maha Sarakham province. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University**.

26(2): 150–157. [in Thai]

Department of Environmental Quality Promotion. 2018. **Community forest stories: learning and conserving natural resources**. Bangkok: Department of Environmental Quality Promotion. 5 p.

Elliott, S., D. Blakesley and K. Hardwick. 2006. **Restoring Tropical Forest: A Practical Guide**. Kew: Royal Botanic Gardens. 344 p.

Hansoda, A. 2004. **Effects of Cattle Grazing on Plant Communities and Soil Properties in Montane Forest, Phu Miang–Phu Thong Wildlife Sanctuary, Phitsanulok Province**. Master Thesis. Kasetsart University. 114 p. [in Thai]

Jariyapong, P., T. Promsaka Na Sakolnakorn and K. Sriparoj. 2019. Tree species diversity and structure in Raharn forest, Surin province, Thailand. **Agricultural Technology Journal** 9(2): 58–68.

Kudin, U. 1999. **Fundamental Ecology for Forestry**. Bangkok: Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University. 247 p.

- Magurran, A.E. 2004. **Measuring Biological Diversity**. Victoria: Blackwell Publishing. 256 p.
- Marod, D. and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Bangkok: Aksorn Siam Limited. 540 p.
- Royal Forest Department. 2021. **Community forest management in Ban Hat Pu Dai, Lampang province** Retrieved from <https://www.forest.go>.
- Smitinand, T. 2004. **Thai Plant Names**. Bangkok: Office of the Forest Herbarium, Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Ministry of Natural Resource and Environment. 828 p.
- Thammanu, S., J. Chung, H. Han, P. Ketdee and N. Gaewsingha. 2020. Tree species diversity and environmental factors influencing the distribution of deciduous forest plant communities in Ban Mae Chiang Rai Lum community forest, Lampang province. **Thai Journal of Urban Forestry and Ecology** 4(1): 13–26. [in Thai]
- Tripathi, S., P. Srivastava, R. Sanayaima Devi and R. Bhadouria. 2019. Effects of variations in light availability on leaf attributes and seedling growth of four tree species in tropical dry forest. **Ecological Processes** 9(1): 1–16
<https://doi.org/10.1186/s13717-019-0206-4>
- Wongyai, S. 2021. Forest structure and tree species diversity in Ban Nong Tao community forest, Mae Wang district, Chiang Mai province. **Kasetsart Journal of Forest Science** 40(1): 56–68. [in Thai]

**ความอุดมสมบูรณ์ของดินและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน
สวนยางพารา สวนหลังบ้าน และหย่อมป่า ตำบลคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่**
**Soil Fertilities and Assessment of Carbon Storage in Oil Palm Plantations, Rubber
Plantations, Home Gardens and Remnant Forest at Khlong Khanan Sub-district
Nuea Khlong District, Krabi Province**

**ณัฐวดี ข้อคำ^{1,*} ธนากร ลัทธธีระสุวรรณ¹ จักรพงษ์ ไชยวงศ์² ภัทรพร ผูกคล้าย³ ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด⁴
สินีนานู สองศรี⁴ และศิริรัตน์ สุขช่วย¹**

**Nattawadee Khorkha^{1,*}, Thanakorn Lattirasuvan¹, Chackapong Chaiwong², Pattraporn Pukklay³
Thanyarat Chuesaard⁴, Sineenard Songsri⁴ and Sirirat Sukchui¹**

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³สาขาวิชาการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

⁴สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹Science Program in Forest Management, The Established Project of College of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

²Division of Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³Science Program in Forestry, The Established Project of College of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

⁴Basic Science, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: nattawadee2542praw@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0005-5579-9467>

Received: March 07, 2025

Revised: August 20, 2025

Accepted: October 16, 2025

Abstract

The study of soil fertility and the assessment of carbon storage in oil palm plantations, rubber plantations, home gardens, and remnant forests within the Khlong Khanan sub-district, Nuea Khlong district, Krabi province aimed to examine the chemical and physical properties of the soil, evaluate carbon storage, and analyze the relationship between soil factors under different land use types. Sampling plots measuring 10x10 m were established, and soil samples were collected at depths of 0–5 cm and 20–25 cm for each depth, five subsamples were composited into one sample, resulting in two samples per plot, with three plots per land use type, giving a total of 24 samples for the analysis of soil chemical properties. Soil samples for physical properties were collected using a soil core. Additional plots measuring 40x40 m were established, and tree species composition was recorded to evaluate carbon storage. The study areas consisted of three plots [3 rai (0.48 ha)] each for oil palm plantations, rubber plantations, and home gardens, along with 1 rai (0.16 ha) of remnant forest. The

results revealed that soil fertility at a depth of 0–5 cm was higher than that at 20–25 cm, with a tendency to decrease as soil depth increased. The physical properties of the soil in monoculture areas were harder and shallower compared to those in agroforestry areas. The surface soil at 0–5 cm was predominantly sandy loam, while the subsurface soil at 20–25 cm was sandy clay loam. Soil moisture and bulk density values were similar across the land use types, indicating no statistically significant differences. The amount of carbon storage varied among the different land use types. Therefore, most land use guidelines emphasized maximizing land use efficiency in conjunction with conservation and restoration. The findings could be utilized as guidelines for managing agricultural and forest areas toward appropriate and sustainable practices.

Keywords: soil fertility, carbon storage, agroforestry, remnant forest

บทคัดย่อ

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน สวนยางพารา สวนหลังบ้าน และห้วยอมป่า ตำบลคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน การประเมินการกักเก็บคาร์บอน รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดินของการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยวางแผน 10x10 เมตร เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0–5 ซม. 5 หลุมผสมคลุกเคล้ากัน และทำเช่นเดียวกันกับดินที่ระดับความลึก 20–25 ซม. แปลงละ 2 ตัวอย่าง ทั้งหมด 3 แปลงต่อพื้นที่ รวมทั้งสิ้น 24 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีของดิน และเก็บตัวอย่างดินด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน (soil core) เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของดิน วางแผน 40x40 เมตร บันทึกข้อมูลองค์ประกอบของชนิดไม้ต้น เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอน พื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน สวนยางพารา สวนหลังบ้าน พื้นที่ละ 3 แปลง [3 ไร่ (0.48 ha)] และพื้นที่ห้วยอมป่า 1 ไร่ (0.16 ha) ผลการศึกษาพบว่า ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ระดับความลึก 0–5 ซม. สูงกว่าดินที่ระดับความลึก 20–25 ซม. และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกของดิน สมบัติทางกายภาพของดิน พื้นที่

การปลูกพืชเชิงเดี่ยวมีความแข็งและตื้นกว่าพื้นที่ในรูปแบบวนเกษตร เนื้อดินที่ระดับความลึก 0–5 ซม. ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย และดินที่ระดับความลึก 20–25 ซม. เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ความชื้นและความหนาแน่นของดิน มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละพื้นที่ จึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมีความแตกต่างกันในแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้น แนวทางการจัดการสวนใหญ่เน้นการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์และฟื้นฟู และสามารถใช้อ้างอิงข้อมูลดังกล่าวเป็นแนวทางการจัดการพื้นที่เกษตรและป่าไม้ให้เกิดความยั่งยืนอย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การกักเก็บคาร์บอน วนเกษตร ห้วยอมป่า

บทนำ

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติเกิดจากการผุพังหรือสลายตัวของหินและแร่ หรือเรียกว่า “สารอินทรีย์วัตถุ” ผสมคลุกเคล้ากับซากพืชและซากสัตว์ที่ทับถมกันอย่างยาวนาน หรือเรียกว่า “สารอินทรีย์วัตถุ” กลายเป็นดินปกคลุมผิวโลกอยู่เป็นชั้นบาง ๆ (Land Development Department, 2007) ในทางเกษตรกรรมดินถือเป็นทรัพยากรพื้นฐานที่มี

ความสำคัญยิ่ง เนื่องจากดินที่มีความอุดมสมบูรณ์จะประกอบด้วยแร่ธาตุอาหารที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช สมบัติดินทางกายภาพมีบทบาทเป็นที่ยึดเกาะของรากพืช ช่วยพยุงลำต้นให้มั่นคง (Faculty of Agriculture Soil Science, Kasetsart University, 2005) ขณะที่สมบัติดินทางเคมีเกี่ยวข้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเป็นแหล่งสะสมธาตุอาหารสำคัญ โดยผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ปลดปล่อยธาตุอาหารสู่ดิน นอกจากนี้ อินทรีย์วัตถุยังช่วยเพิ่มความสามารถของดินในการดูดซับและกักเก็บธาตุอาหาร เพื่อให้สามารถปลดปล่อยออกมาอย่างค่อยเป็นค่อยไป ส่งผลให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างต่อเนืองและเพียงพอตลอดช่วงการเจริญเติบโต (Pattanathaworn, 2021)

สถานการณ์ปัจจุบันผืนป่าของไทยลดลงมากที่สุดในรอบ 10 ปี พ.ศ. 2567 คิดเป็น 31.47% ของพื้นที่ประเทศ สาเหตุหลัก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ที่ป่าไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน หรือสิ่งปลูกสร้าง (Forest Land Management, 2023) ก่อให้เกิดแหล่งผลิตปัจจัยสี่ที่ใช้ในการดำรงชีวิต โดยจะเป็นแรงผลักดันต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อตอบสนองความต้องการและแนวโน้มในการเปลี่ยนไปดำเนินอาชีพเกษตรกรรมมากขึ้น (Khunrattanasiri, 2020) สาเหตุดังกล่าวก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือสภาวะโลกร้อน เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้ลดลง ซึ่งป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์มีอิทธิพลต่อการสร้างความสมดุลระบบภูมิอากาศ และเป็นหนึ่งของแหล่งเก็บคาร์บอนโดยธรรมชาติที่สำคัญ (carbon sink) ในรูปแบบของมวลชีวภาพ ส่วนของราก ลำต้น กิ่ง ก้าน และใบ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (Kongmeesup, 2020)

จังหวัดกระบี่มีเนื้อที่ทั้งหมด 2,942,820 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร 62.57% รองลงมา เป็นเนื้อที่ป่าไม้ 19.43% และเนื้อที่ใช้ประโยชน์นอกการเกษตร 18% โดยสืบเนื่องมาจากปีพ.ศ. 2512 มีการบุกเบิกปลูกปาล์ม น้ำมัน ด้วยสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสม

ทำให้เกิดการขยายพื้นที่ปลูกปาล์ม น้ำมันอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัจจุบันพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ปาล์ม น้ำมัน ยางพารา และมะพร้าว ขณะที่ทรัพยากรป่าไม้ได้ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่การเกษตรหลากหลายรูปแบบ รวมถึงพื้นที่ตำบลคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง ดังนั้นเป้าหมายในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มุ่งเน้นการศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินในปัจจุบัน รวมถึงการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ ทางการเกษตร เช่น สวนปาล์ม น้ำมัน สวนยางพารา และรูปแบบวนเกษตร คือ สวนหลังบ้าน รวมถึงพื้นที่ห้วย่อมป่าเดิมที่คงอยู่ในพื้นที่ เพื่อใช้เป็นแนวทางการจัดการพื้นที่เกษตรและป่าไม้ให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ สวนปาล์ม น้ำมัน 3 ไร่ สวนยางพารา 3 ไร่ สวนหลังบ้าน 3 ไร่ และห้วย่อมป่า 1 ไร่ (Figure 1) ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 13–43 เมตร ซึ่งพื้นที่เกษตรส่วนใหญ่ปลูกพืชเศรษฐกิจรูปแบบเชิงเดี่ยว ได้แก่ ปาล์ม น้ำมัน และยางพาราเป็นหลัก ในอายุการใช้ประโยชน์ 20 ปี การจัดการพื้นที่โดยกำจัดวัชพืชอยู่เป็นประจำ ขณะเดียวกันแต่ละครัวเรือนนิยมปลูกพืชหลากหลายชนิดในรูปแบบวนเกษตรบริเวณรอบ ๆ บ้าน หรือเรียกว่า “สวนหลังบ้าน” อายุประมาณ 60–80 ปี ซึ่งเป็นแหล่งปัจจัยสี่ที่ใช้ดำรงชีวิต รวมถึงเป็นพื้นที่ถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น และพื้นที่ห้วย่อมป่า อายุประมาณ 90 ปี เป็นพื้นที่ป่าห้วย่อมเดียวที่มีสภาพเป็นสังคมป่าดิบชื้น พันธุ์ไม้เด่นที่พบ ได้แก่ เคี่ยม (*Cotylelobium lanceolatum*) จิกนม (*Barringtonia macrocarpa*) ส้านช้าง (*Dillenia pentagyna*) มะหาด (*Artocarpus lakoocha*) และตาเสือ (*Aphanamixis polystachya*) เป็นต้น

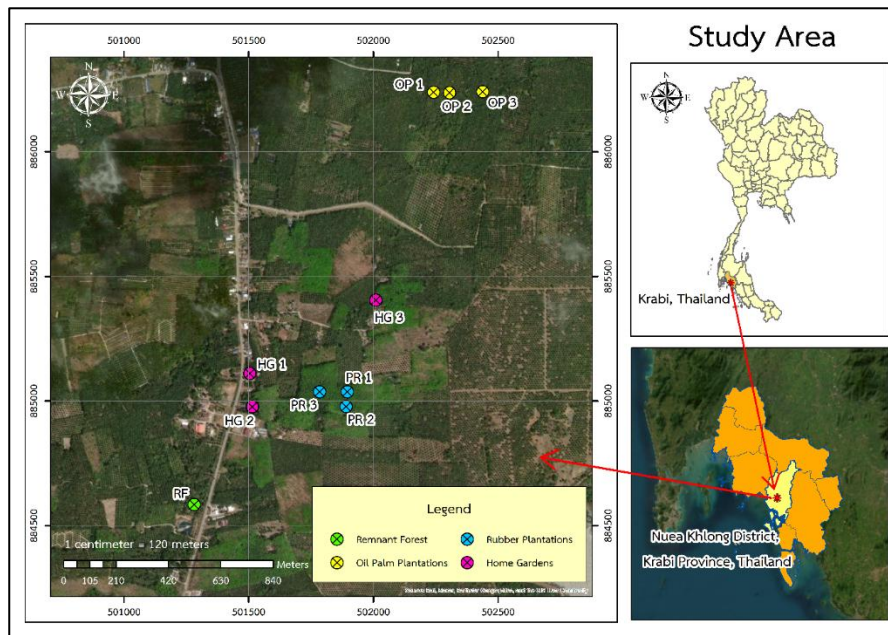


Figure 1 Study area in Oil palm plantations (OP), Rubber plantations (RP), Home gardens (HG) and Remnant forest (RF)

การกำหนดพื้นที่ การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน

1) กำหนดแปลงตัวอย่างขนาด 10x10 เมตร บริเวณจุดกึ่งกลางแปลง โดยให้แต่ละด้านห่างกัน 5 เมตร และทำการขุดหลุมลึกขนาด 30 ซม. บริเวณมุมแปลงและจุดกึ่งกลางแปลง พื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน สวนยางพารา สวนหลังบ้าน พื้นที่ละ 3 แปลง แปลงละ 1 จุด (9 จุด) และพื้นที่ห้วยอมป่ามีเพียง 1 แปลง (3 จุด) เนื่องจากมีข้อจำกัดของพื้นที่ ซึ่งเหลือเพียงห้วยอมเดียวที่มีสภาพเป็นสังคมป่าดิบชื้น และพื้นที่โดยรอบเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่การเกษตร ดังนั้นแปลงตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 10 แปลง (12 จุด) ภายในแปลงเก็บข้อมูลดินทางเคมีและกายภาพ (Lattirasuvan, 2012) (Figure 2)

2) เก็บข้อมูลทางเคมีของดินชั้นบน (ที่ระดับความลึก 0-5 ซม.) 5 หลุม ผสมคลุกเคล้ากัน และทำเช่นเดียวกันกับดินชั้นล่าง (ที่ระดับความลึก 20-25 ซม.) แปลงละ 2 ตัวอย่าง ทั้งหมด 3 แปลงต่อพื้นที่ รวมทั้งสิ้น 24 ตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัมต่อตัวอย่าง (Figure 2A) เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง คาร์บอนในดิน

อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ อนุภาคดินทราย อนุภาคดินทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียว ณ ห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ (Somprakon *et al.*, 2024) และเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินของแต่ละพื้นที่ ศึกษา (Land Development Department, 2004)

3) การเก็บข้อมูลทางกายภาพของดิน โดยวัดค่าความแข็งของดินในแนวนอนที่ระดับดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ด้วยเครื่องมือ Yamanaka-type Push Cone Penetrometer (Lattirasuvan *et al.*, 2010) และเก็บตัวอย่างดินด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน (soil core) จำนวน 3 หลุมต่อแปลง หลุมละ 3 ซ้ำ ที่ระดับดินชั้นบนและดินชั้นล่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความชื้นและความหนาแน่นของดิน (Figure 2B)

4) การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธีการเปรียบเทียบหลายตัวแปร เพื่อจัดกลุ่มความคล้ายคลึงกัน (Duncan's multiple comparison test)

ด้วยโปรแกรม SPSS Statistics Version 20 และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดินทางเคมีและทางกายภาพ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชของแต่ละพื้นที่โดยวิธีการวิเคราะห์แบบ PCA (Principal Component Analysis) ด้วยโปรแกรม PCORD Version 6.08 (Chanprom *et al.*, 2025)

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพรณไม้

1) กำหนดแปลงตัวอย่างขนาด 40x40 เมตร ภายในแปลงแบ่งแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร รวมทั้งหมด 16 แปลงย่อย เพื่อเก็บข้อมูลไม้ใหญ่ พร้อมทั้งแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 4x4 เมตร บริเวณมุมใดมุมหนึ่งของแปลงย่อย เพื่อเก็บข้อมูลลูกไม้ โดยวัดความโตที่ระดับอก 1.30 เมตร ระบุชนิดพรณไม้และความสูงทั้งหมด (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2016) (Figure 2C) เนื่องจากพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันและสวนยางพาราเป็นการทำเกษตร

เชิงเดี่ยว และจัดการพื้นที่โดยกำจัดวัชพืชเป็นประจำ ดังนั้นจึงไม่พบลูกไม้ในพื้นที่

2) การประเมินการกักเก็บคาร์บอน โดยใช้สมการแอลโลเมตรีที่แตกต่างกัน (Table 1) ซึ่งแบ่งตามกลุ่มของชนิดไม้สำคัญที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย เพื่อใช้การประเมินมวลชีวภาพของต้นไม้ ภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (T-VER) สาขาป่าไม้และการเกษตร (Limsakul *et al.*, 2018)

3) วิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้ค่ากลาง (default value) The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006) ได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 47% ของน้ำหนักแห้ง และคำนวณปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากค่าสัดส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน คือ 44/12

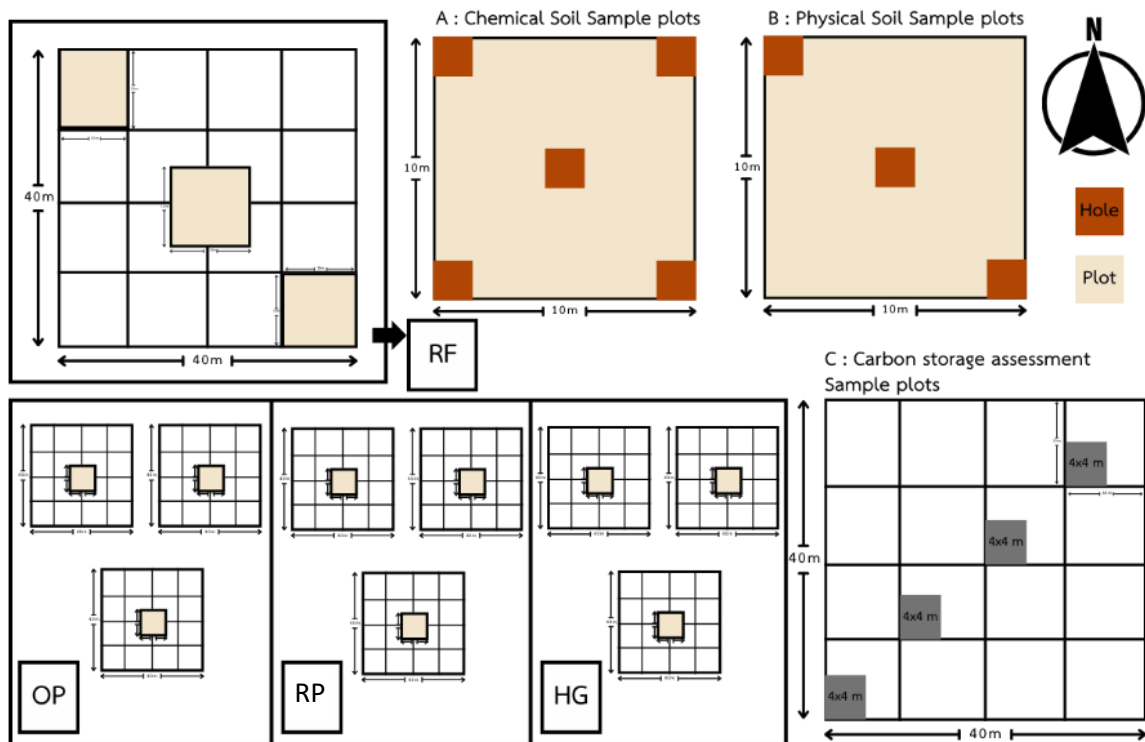


Figure 2 (A) Sample plots for collecting chemical and (B) physical soil sample plot 40x40 meter for the study of (C) carbon storage assessment. available: TGO. (2016) in OP, RP, HG and RF area

Table 1 Allometric equations for tree biomass assessment under the Thailand Voluntary Emission Reduction Program (T-VER) in the forestry and agriculture sector

Study area	Type	Equation	Referances
Oil palm plantations	Palm group (<i>Elaeis guineensis</i>)	$W_T = 6.666 + 12.826 (H)^{0.5}(\ln H)$	Peason <i>et al.</i> (2005)
Rubber plantations	Para rubber (<i>Hevea brasiliensis</i>)	$W_S = 0.0804 (D^2H)^{0.8341}$ $W_B = W_T - W_S - W_L$ $W_L = 0.000008 (D^2H)^{1.4986}$ $W_R = 0.0005 (D^2H)^{1.269}$ $W_T = 0.0046 (D^2H)^{1.2046}$	Triphattanasuwan <i>et al.</i> (2008)
Home gardens and Ramnant forest	Moist evergreen forest	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$ $W_B = 0.006003 (D^2H)^{1.027}$ $W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	Ogawa <i>et al.</i> (1965)

W_S = aboveground biomass in stem part, W_L = aboveground biomass in leaf part, W_B = aboveground biomass in branch part, W_R = belowground biomass in root part, W_T = aboveground biomass in stem + branch + leaf parts (kilogram), D = diameter at breast height, DBH (centimeter), H = height (meter)

ผลการวิจัย

สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินชั้นบน (ที่ระดับความลึก 0-5 ซม.) ในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน (OP) สวนยางพารา (RP) สวนหลังบ้าน (HG) และ พื้นที่ห้วยอมป่า (RF) ดินชั้นบน (ที่ระดับความลึก 0-5 ซม.)

สมบัติทางเคมีของดินพื้นที่ OP, RP, HG และ RF พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) เท่ากับ 5.60, 4.83, 5.54 และ 4.88 ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนในดิน (OC) เท่ากับ 1.44, 1.26, 1.28 และ 0.95% ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 2.49, 2.17, 2.21 และ 1.64% ตามลำดับ ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 9.15, 6.45, 46.71 และ 3.30 mg kg⁻¹ ตามลำดับ และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 134.90, 54.13, 76.05 และ 26.17 mg kg⁻¹ ตามลำดับ ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม

(Ca) เท่ากับ 1,257.67, 418.33, 837.17 และ 352.83 mg kg⁻¹ ตามลำดับ และแมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 58.67, 66.00, 119.33 และ 50.33 mg kg⁻¹ ตามลำดับ ธาตุอื่น ๆ คือ โซเดียม (Na) เท่ากับ 29.40, 11.70, 7.80 และ 10.70 mg kg⁻¹ ตามลำดับ เนื้อดิน (soil texture) พื้นที่ศึกษาทั้งหมด พบปริมาณอนุภาคดินทราย (sand) สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 58.29, 69.63, 70.96 และ 70.96 ตามลำดับ รองลงมาคือ อนุภาคดินทรายแป้ง (silt) เท่ากับ 21.95, 13.28, 17.95 และ 17.28% ตามลำดับ และอนุภาคดินเหนียว (clay) เท่ากับ 19.76, 17.09, 11.09 และ 11.76% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการจำแนกเนื้อดินตามสามเหลี่ยมดิน พบว่าทุกพื้นที่ศึกษามีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยจัดเป็นเนื้อดินร่วนปนทราย (sandy loam) (Table 2)

สมบัติทางกายภาพของดิน พบว่าความแข็งของดินพื้นที่ OP ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 12.78 mm รองลงมาคือ RP, HG และ RF เท่ากับ 11.46, 8.90 และ 8.50 mm

ตามลำดับ ขณะที่ความชื้นของดิน พบว่าพื้นที่ OP ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 28.28% รองลงมาคือ พื้นที่ RF RP และ HG เท่ากับ 26.44, 23.35 และ 22.27% ตามลำดับ และความหนาแน่นของดิน พบว่าพื้นที่ RP ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.39 g cm^{-3} รองลงมา คือ พื้นที่ HG, OP และ RF เท่ากับ 1.33, 1.29 และ 1.26 g cm^{-3} ตามลำดับ (Table 2)

ดินชั้นล่าง (ที่ระดับความลึก 20–25 ซม.)

สมบัติทางเคมีของดินพื้นที่ OP, RP, HG และ RF พบว่า ค่า pH เท่ากับ 5.88, 5.06, 5.51 และ 4.97 ตามลำดับ ปริมาณ OC เท่ากับ 0.67, 0.66, 0.43 และ 0.54% ตามลำดับ ปริมาณ OM เท่ากับร้อยละ 1.15, 1.14, 0.74 และ 0.93 ตามลำดับ ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ P เท่ากับ 2.18, 1.65, 5.51 และ 2.21 mg kg^{-1} ตามลำดับ และ K เท่ากับ 68.72, 31.10, 29.63 และ 14.10 mg kg^{-1} ตามลำดับ ธาตุอาหารรอง ได้แก่ Ca เท่ากับ 1,306.67, 656.17, 360.67 และ $171.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ตามลำดับ และ Mg เท่ากับ 35.83, 48.33, 42.00 และ 22.83 mg kg^{-1} ตามลำดับ ธาตุอื่น ๆ คือ Na เท่ากับ 16.42, 15.75,

11.17 และ 9.95 mg kg^{-1} ตามลำดับ เนื้อดินพื้นที่ศึกษาทั้งหมด พบปริมาณอนุภาคดินทรายสูงที่สุด เท่ากับ 52.29, 56.29, 64.29 และ 65.63% ตามลำดับ รองลงมา คือ อนุภาคดินเหนียว เท่ากับ 29.09, 28.43, 19.76 และ 14.43% ตามลำดับ และ อนุภาคดินทรายแป้ง เท่ากับ ร้อยละ 18.61, 15.28, 15.95 และ 19.95 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการจำแนกเนื้อดินตามสามเหลี่ยมดิน พบว่าพื้นที่ OP และ RP จัดเป็นเนื้อดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และพื้นที่ HG และ RF จัดเป็นเนื้อดินร่วนปนทราย (sandy loam) (Table 2)

สมบัติทางกายภาพของดิน พบว่าความแข็งของดินพื้นที่ RP ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 15.78 mm รองลงมาคือ พื้นที่ OP, HG และ RF เท่ากับ 12.56, 11.07 และ 10.98 mm ตามลำดับ ขณะที่ความชื้นของดิน พบว่าพื้นที่ OP ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 22.53% รองลงมาคือ พื้นที่ RF, RP และ HG เท่ากับ 21.31, 19.29 และ 18.62% ตามลำดับ และความหนาแน่นของดิน พบว่าพื้นที่ HG ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.44 g/cm^3 รองลงมาคือ พื้นที่ RF, RP และ OP เท่ากับ 1.39, 1.39 และ 1.29 g cm^{-3} ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Soil properties of various land uses

Soil properties	OP	Rating	RP	Rating	HG	Rating	RF	Rating	Arithmetic mean
Surface soil (0–5 cm)									
1. pH	5.60 ^b	moderately acid	4.83 ^a	very strongly acid	5.54 ^b	strongly acid	4.88	very strongly acid	5.21
2. Organic Carbon (OC) (%)	1.44		1.26		1.28		0.95		1.23
3. Organic Matter (OM) (%)	2.49	M	2.17	M	2.21	M	1.64	M	2.13
4. Available Phosphorus (P) (mg kg ⁻¹)	9.15 ^a	L	6.45 ^a	L	46.71 ^b	VH	3.30	L	16.40
5. Exchangeable Potassium (K) (mg kg ⁻¹)	134.90	VH	54.13	L	76.05	M	26.17	VL	72.81
6. Exchangeable Calcium (Ca) (mg kg ⁻¹)	1,257.67	M	418.33	L	837.17	L	352.83	VL	716.50
7. Exchangeable Magnesium (Mg) (mg kg ⁻¹)	58.67 ^a	L	66.00 ^{ab}	L	119.33 ^b	L	50.33	L	73.58
8. Exchangeable Sodium (Na) (mg kg ⁻¹)	29.40 ^b	L	11.70 ^a	L	7.80 ^a	L	10.70	L	14.90
9. Sand (%)	58.29 ^a		69.63 ^b		70.96 ^b		70.96		67.46
10. Silt (%)	21.95 ^b		13.28 ^a		17.95 ^{ab}		17.28		17.62
11. Clay (%)	19.76 ^b		17.09 ^{ab}		11.09 ^a		11.76		14.93
12. Soil texture	SL		SL		SL		SL		
13. Soil hardness (mm)	12.78 ^b		11.46 ^{ab}		8.90 ^a		8.50		10.41
14. Soil moisture (%)	28.28		23.35		22.27		26.44		25.09
15. Soil bulk density (g cm ⁻³)	1.29		1.39		1.33		1.26		1.32

Table 2 (Continued)

Soil properties	OP	Rating	RP	Rating	HG	Rating	RF	Rating	Arithmetic mean
Subsurface soil (20–25 cm)									
1. pH	5.88	moderately acid	5.06	very strongly acid	5.51	strongly acid	4.97	very strongly acid	5.36
2. Organic Carbon (OC) (%)	0.67		0.66		0.43		0.54		0.58
3. Organic Matter (OM) (%)	1.15	ML	1.14	ML	0.74	L	0.93	L	0.99
4. Available Phosphorus (P) (mg kg ⁻¹)	2.18	VL	1.65	VL	5.51	L	2.21	VL	2.89
5. Exchangeable Potassium (K) (mg kg ⁻¹)	68.72	M	31.10	L	29.63	VL	14.10	VL	35.89
6. Exchangeable Calcium (Ca) (mg kg ⁻¹)	1,306.67	M	656.17	L	360.67	VL	171.00	VL	623.63
7. Exchangeable Magnesium (Mg) (mg kg ⁻¹)	35.83	VL	48.33	L	42.00	L	22.83	VL	37.25
8. Exchangeable Sodium (Na) (mg kg ⁻¹)	16.42	L	15.75	L	11.17	L	9.95	L	13.32
9. Sand (%)	52.29		56.29		64.29		65.63		59.63
10. Silt (%)	18.61		15.28		15.95		19.95		17.45
11. Clay (%)	29.09		28.43		19.76		14.43		22.93
12. Soil texture	SCL		SCL		SL		SL		
13. Soil hardness (mm)	12.56		15.78		11.07		10.98		12.60
14. Soil moisture (%)	22.53		19.29		18.62		21.31		20.44
15. Soil bulk density (g cm ⁻³)	1.29		1.39		1.44		1.39		1.38

OP = Oil palm plantations, RP = Rubber plantations, HG = Home gardens and RF = Remnant forest. Soil hardness was measured using a Yamanaka-type penetrometer. Soil moisture was measured using the gravimetric water content method. Chemical properties of soil analyzed in the laboratory of the Product Quality and Standards Inspection Service Institute Princess Sirindhorn Building, Maejo University, Chiang Mai. Values in the same row followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ (Duncan's multiple comparison test). Soil texture SL = Sandy loam and SCL = Sandy clay loam, and soil fertility evaluation, VL = Very low, L = Low, ML = Medium-Low, M = Medium, H = High and VH = Very high

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดินทางเคมีและทางกายภาพ โดยวิธีการวิเคราะห์แบบ Principle Component Analysis

การวิเคราะห์ปัจจัยดินทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ soil hardness, soil moisture, bulk density, pH, OC, OM, P, K, Ca, Mg, Na, Sand, Silt, Clay รวมทั้งหมด 14 ปัจจัย ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดินทางเคมีและทางกายภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบ

แตกต่างกัน สามารถแบ่งกลุ่มดินออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มของพื้นที่ OP พบปัจจัยเด่นที่แสดงออกอย่างชัดเจน ได้แก่ Ca, Na, OM, OC, pH, SH, BD และ Clay กลุ่มต่อมา คือ พื้นที่ RF ได้แก่ Sand, Silt และ SM และกลุ่มของพื้นที่ RP และ HG มีค่าใกล้เคียงกัน จึงถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกัน โดยปัจจัยเด่นที่แสดงออกอย่างชัดเจน ได้แก่ P, K และ Mg (Figure 3)

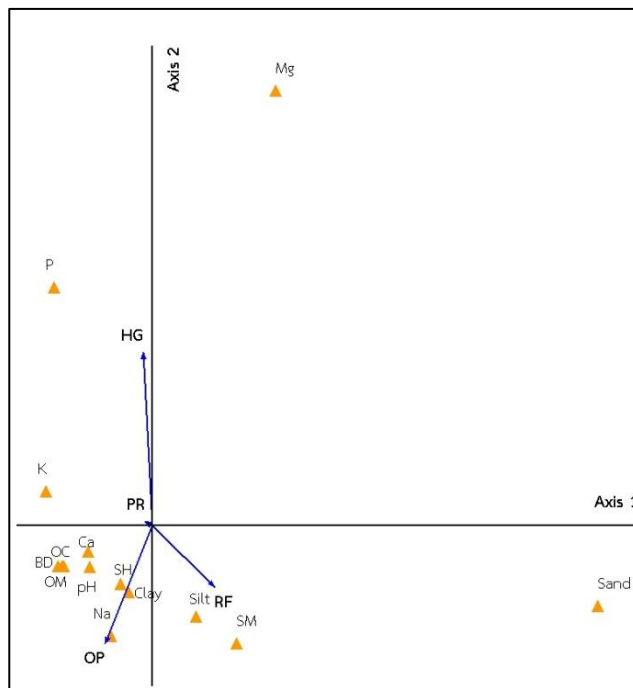


Figure 3 Principal Component Analysis (PCA) in Oil palm plantations (OP), Rubber plantations (RP), Home gardens (HG) and Remnant forest (RF)

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน สวนยางพารา สวนหลังบ้าน และหย่อมป่า

มวลชีวภาพรวม (total biomass) ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) เท่ากับ 8.27 ตัน/ไร่ (51.71 ตัน/เฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 3.89 ตันคาร์บอน/ไร่ และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 14.26 ตันคาร์บอนคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ (Table 3)

มวลชีวภาพรวมยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เท่ากับ 99.85 ตัน/ไร่ (624.04 ตัน/เฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 49.27 ตันคาร์บอน/ไร่ และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 180.66 ตันคาร์บอนคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ (Table 3)

มวลชีวภาพรวมพรรณไม้ทุกชนิดในพื้นที่สวนหลังบ้าน (HG) เท่ากับ 28.38 ตัน/ไร่ (177.35 ตัน/เฮกตาร์)

พบชนิดไม้ทั้งหมด 58 ชนิด 52 สกุล 36 วงศ์ มวลชีวภาพรวมไม้ใหญ่เท่ากับ 24.61 ต้น/ไร่ และลูกไม้เท่ากับ 0.002 ต้น/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพพรรณไม้ทุกชนิด เท่ากับ 13.34 ตันคาร์บอน/ไร่ (83.35 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 48.90 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไม้ใหญ่เท่ากับ 11.57 ตันคาร์บอน/ไร่ พิจารณาเป็นรายชนิดพบ 3 ลำดับแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด ได้แก่ ทุเรียน (*Durio zibethinus*) มะขาม (*Tamarindus indica*) และ กระท้อน (*Sandoricum koetjape*) เท่ากับ 5.36, 1.17 และ 1.03 ตันคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนลูกไม้เท่ากับ 0.001 ตันคาร์บอน/ไร่ พิจารณาเป็นรายชนิดพบ 3 ชนิด ได้แก่ ผักเหมียง (*Gnetum gnemon*) มะม่วง (*Mangifera indica*) และซีเหليل (*Senna siamea*) เท่ากับ 0.0005, 0.0004 และ 0.0001 ตันคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนกลุ่มปาล์ม เท่ากับ 1.75 ตันคาร์บอน/ไร่ เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบ 3 ลำดับแรก ได้แก่ มะพร้าว (*Cocos nucifera*) ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) และหมากสง (*Areca catechu*) เท่ากับ 0.99, 0.36 และ 0.16 ตันคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

ไม้ พบ 1 ชนิด คือ ไม้ป่า (*Bambusa bambos*) เท่ากับ 0.02 ตันคาร์บอน/ไร่ (Table 3)

มวลชีวภาพรวมพรรณไม้ทุกชนิดในพื้นที่ห้วยอมป่า (RF) เท่ากับ 52.06 ต้น/ไร่ (325.36 ตัน/เฮกตาร์) พบชนิดไม้ทั้งหมด 18 ชนิด 17 สกุล 15 วงศ์ มวลชีวภาพรวมไม้ใหญ่เท่ากับ 51.94 ต้น/ไร่ มวลชีวภาพรวมลูกไม้เท่ากับ 0.0002 ต้น/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ทุกชนิด เท่ากับ 24.47 ตันคาร์บอน/ไร่ และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 89.71 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไม้ใหญ่เท่ากับ 24.41 ตันคาร์บอน/ไร่ พิจารณาเป็นรายชนิดพบ 3 ลำดับแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด ได้แก่ เคี่ยม (*Cotylelobium lanceolatum*) จิกนม (*Barringtonia macrocarpa*) และส้านช้าง (*Dillenia pentagyna*) เท่ากับ 10.32, 6.23 และ 2.34 ตันคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนลูกไม้ พบ 1 ชนิด คือ กระทั่งใบใหญ่ (*Litsea grandis*) เท่ากับ 0.0001 ตันคาร์บอน/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไม้เท่ากับ 0.06 ตันคาร์บอน/ไร่ พบ 2 ชนิด ได้แก่ ไม้เหลือง (*Bambusa vulgaris*) และไม้ป่า (*Bambusa bambos*) เท่ากับ 0.03 และ 0.03 ตันคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Assessment of carbon storage in oil palm plantations, rubber plantations, home gardens and remnant forest

Community characters		Biomass					BLG Root (t rai ⁻¹)	Total Biomass (t rai ⁻¹)	Total Biomass (t rai ⁻¹)	Carbon storage (tC rai ⁻¹)	Carbon storage (tC ha ⁻¹)	Co ₂ (tCO ₂ rai ⁻¹)	Co ₂ (tCO ₂ ha ⁻¹)
		ABG (t rai ⁻¹)											
		Stem	Branch	Leaf	ABG total								
OP	Tree						8.27	51.71	3.89	24.30	14.26	89.12	
RP	Tree	40.83	34.28	2.20	77.31	22.54	99.85	624.04	49.27	307.95	180.66	1,129.15	
HG	Tree	13.64	5.14	0.45	19.23	5.38	24.61	153.81	11.57	72.29	42.41	265.07	
	Palm						3.72	23.23	1.75	10.92	6.41	40.04	
	Bamboo						0.05	0.29	0.02	0.14	0.08	0.50	
RF	Tree	28.49	11.23	0.85	40.58	11.36	51.94	324.61	24.41	152.57	89.51	559.42	
	Sapling	0.0001	0.00002	0.000004	0.0001	0.00003	0.0002	0.001	0.0001	0.0005	0.0003	0.002	
	Bamboo						0.12	0.75	0.06	0.35	0.21	1.29	

OP = Oil palm plantations, RP = Rubber plantations, HG = Home gardens and RF = Remnant forest. ABG = Aboveground and BLG = Belowground biomass.

Tree biomass was analyzed using allometric equations under the Thailand Voluntary Emission Reduction Program (T-VER) in the forestry and agriculture sector.

วิจารณ์ผลการวิจัย

สมบัติทางเคมีของดินพบว่า ค่า pH พื้นที่ RP มีความเป็นกรดจัดมากที่สุด รองลงมาพื้นที่ OP และ HG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากลักษณะการปลูกแบบเชิงเดี่ยวร่วมกับเป็นพื้นที่ราบลุ่มมีน้ำท่วมขังขณะเดียวกันพื้นที่ HG เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบวนเกษตร ความหลากหลายของพืชสูง ซึ่งช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน (Maharjan *et al.*, 2024) ธาตุ P พบในดินพื้นที่ HG สูงที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Lattirasuvan (2012) พบว่าในพื้นที่สวนหลังบ้านในระดับดินชั้นบน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง อันเนื่องมาจากสวนหลังบ้านเป็นพื้นที่ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นไปได้ที่แหล่งธาตุอาหารมาจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำเสียจากการซักล้างระบายโดยตรงสู่พื้นที่สวนหลังบ้าน และการเพิ่มขี้เถ้าที่ได้จากการเผาถ่าน หุงต้ม เผาขยะ หรือเศษไม้ปลายไม้ ซึ่งเป็นการเพิ่มธาตุอาหารจากกิจกรรมดังกล่าว และธาตุ Mg ดินชั้นบนพื้นที่ HG มากที่สุด เนื่องจากมีความหลากหลายของพืช ซึ่งช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดินมากกว่าพื้นที่ OP และ RP ที่มีการจัดการพื้นที่โดยกำจัดวัชพืชอยู่เป็นประจำ (Han *et al.*, 2021) อีกทั้งพื้นที่ OP และ RP พบธาตุ Na ดินชั้นบนมากกว่าพื้นที่ HG ซึ่งเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีมากเกินไปอาจทำให้เกิดการสะสมของเกลือในดิน ซึ่งส่งผลให้ดินมีความเค็มเพิ่มขึ้น (Prakunhangsit, 2002) สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความชื้นและความหนาแน่นของดิน มีค่าใกล้เคียงกัน จึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งความแข็งของดินชั้นล่างมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าดินชั้นบน โดยพื้นที่ทำการเกษตรเชิงเดี่ยว คือ OP และ RP มีความแข็งมากกว่าพื้นที่ HG เนื่องจากพบชั้นหินและหินกรวดปะปนรวมอยู่ในดิน ส่งผลให้มีความแข็งมากกว่าในพื้นที่ HG สอดคล้องกับการศึกษาของ Phomsenwong *et al.*

(2019) พบว่าดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่เชิงเดี่ยว ได้แก่ ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย ฯลฯ พบกรวดเล็กน้อยในชั้นดินบนและมากขึ้นในดินชั้นล่าง และจากการศึกษาพบว่าสมบัติทางเคมีของดินชั้นล่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เกิดจากกิจกรรมทางเกษตรและการจัดการพื้นที่ เช่น การใส่ปุ๋ย การปลูกพืช การชะล้างของดิน รวมถึงดินชั้นล่างมักได้รับอินทรีย์วัตถุและปุ๋ยน้อยกว่าดินชั้นบน ทำให้ธาตุอาหารมีความสม่ำเสมอ และไม่แตกต่างกันมากนัก ในรูปแบบการใช้ที่ดินต่าง ๆ จึงพบการสะสมธาตุอาหารในดินชั้นบนมากกว่าดินชั้นล่าง (Islam and Weil, 2000)

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยดินโดยใช้การวิเคราะห์แบบ PCA พบว่า พื้นที่ OP แสดงออกในปัจจัยด้าน Ca, Na, OM, OC, pH, SH, BD และ Clay ขณะที่พื้นที่ RP และ HG พบธาตุอาหารหลัก คือ P และ K ธาตุอาหารรอง คือ Mg ซึ่งบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินในรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Tanaka and Liebig (2010) พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณของธาตุอาหาร สมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของดินที่มีความแตกต่างกัน รวมทั้งความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งความแตกต่างกันของแต่ละพื้นที่จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกำเนิดดิน รวมถึงการจัดการพื้นที่โดยการใส่ปุ๋ยเคมี ยาปราบวัชพืช และการรบกวนหน้าดินด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การไถพรวน การเผาวัชพืช เป็นต้น

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ OP เนื่องจากการศึกษาทางด้านการประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนปาล์มน้ำมันในประเทศไทยค่อนข้างน้อย และยังไม่มีการเฉพาะสำหรับไม้ในชนิดนี้ (Boonruengkhae, 2018) ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้สมการแอลโลเมตรีของกลุ่มปาล์ม โดยอ้างอิงจากสูตรของ Pearson and Brown (2005) จากการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ Henson (1999 cited in Chuenjit, 2013)

บ่งชี้ถึงปาล์มน้ำมันใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มากกว่า การคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นปาล์มน้ำมันจึง สามารถช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ และ ช่วยชะลอการเกิดสภาวะโลกร้อนได้ พื้นที่ RP มีค่ามากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Chiarawipa *et al.* (2012) จากการศึกษาทั้งสองพื้นที่ที่สามารถบ่งชี้ได้ว่า สวนยางพาราเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่สำคัญ รวมถึงการเก็บกักคาร์บอนที่มีศักยภาพ ตลอดช่วงอายุของสวนยางพารา พื้นที่ HG มีค่าใกล้เคียง กับการศึกษาของ Boonruengkhae (2018) ในสวนสมรม อายุเกิน 60 ปี จากการศึกษาทั้งสองพื้นที่แสดงให้เห็นถึง ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน ขณะเดียวกันการใช้ ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบของวนเกษตร โดยปลูกพืชหลาย ชนิดในพื้นที่เดียวกันก่อให้เกิดความยั่งยืนในระบบนิเวศ และพื้นที่ RF พบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ใหญ่ มีค่าใกล้เคียงกับกับการศึกษาของ Kiriratnikom and Kiriratnikom (2024) ขณะเดียวกันปริมาณการกักเก็บ คาร์บอนในลูกไม้ในพื้นที่ RF มีค่าน้อยกว่ามาก บ่งชี้ว่า ความสามารถในการตั้งตัวและการสืบต่อพันธุ์ตาม ธรรมชาติอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งส่งผลทำให้ชนิดพันธุ์ มีแนวโน้มที่จะเกิดการสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่ในอนาคต ประกอบด้วยการคุกคามจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกิดการ เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ซึ่งมีการกำจัดพรรณไม้ดั้งเดิมออกไปจากพื้นที่ที่มีการบุกเบิก เพื่อทำการเกษตร ซึ่งปัจจัยดังกล่าวสามารถขัดขวาง กระบวนการฟื้นตัวตามธรรมชาติทำให้ต้นไม้เจริญเติบโต

ช้าและมีขนาดเล็ก ส่งผลทำให้มวลชีวภาพและปริมาณ คาร์บอนมีค่าต่ำกว่า (Srethasirote *et al.*, 2011)

สรุปผลการวิจัย

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตำบลคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ ดินชั้นบนมีความอุดม สมบูรณ์และการสะสมธาตุอาหารมากกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งมี แนวโน้มลดลงตามระดับความลึกของดิน โดยมีความ แตกต่างกันในแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดิน ซึ่งพื้นที่สวน ปาล์มน้ำมันและสวนยางพาราเป็นรูปแบบการปลูกพืช เชิงเดี่ยวพบดินแข็งและตื้นกว่าพื้นที่สวนหลังบ้าน ในรูปแบบวนเกษตร ซึ่งเกิดการรบกวนจากกิจกรรม ทางการเกษตรอย่างเข้มข้นที่เน้นผลผลิตทางการเกษตร โดยขาดการจัดการอย่างเหมาะสม และส่งผลต่อการ เจริญเติบโตและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ รวมถึงพบแนวโน้มการสืบต่อพันธุ์ระดับต่ำในพื้นที่ห้วยอมป่า ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่ในอนาคต ดังนั้นควรจัดทำแผนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการ พื้นที่ของแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความ แตกต่างกันตามสภาพปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่ ควรเน้นการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดควบคู่ไปกับการ อนุรักษ์และฟื้นฟู เพื่อพัฒนาชุมชนแบบองค์รวมทั้งในด้าน เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถช่วยบรรเทา สภาพภูมิอากาศและส่งเสริมให้บรรลุเป้าหมายการพัฒนา อย่างยั่งยืนในปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณาจารย์ นักศึกษา สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ตลอดจนผู้นำชุมชน ชาวบ้านหมู่บ้านคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ และผู้มีส่วนร่วมทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ความร่วมมือ ข้อเสนอแนะ และคำแนะนำ ทำให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Boonruengkhao, B. 2018. **Biodiversity and Assessment of Carbon Sequestration in Traditional Orchard in Nakhon Si Thammarat Province.** Master Thesis. Thaksin University. 205 p. [in Thai]
- Chanprom, T., T. Lattirasuvan, T. Yothapakdee, P. Khonkaen, S. Somprakon, N. Khorkha, S. Sukchuai and A. Injan. 2025. Soil properties under Miang tea garden, coffee plantation and remnant forest at Pa Miang village, Chae Son sub-district, Mueang Pan district, Lampang province. **Naresuan Agriculture Journal** 22(1): 1–14. [in Thai]
- Chiarawipa, R., S. Pechkeo, M. Keawdoug and W. Prommee. 2012. Assessment of carbon stock and the potential income of the carbon offset in rubber plantation. **Burapha Science Journal** 17(2): 96–99. [in Thai]
- Chuenjit, C. 2013. **Carbon Dioxide Captured in Difference Stand Ages of Oil Palm.** Master Thesis. Chulalongkorn University. 73 p. [in Thai]
- Faculty of Agriculture Soil Science, Kasetsart University. 2005. **Introduction to Soil Science.** 10th. Bangkok: Kasetsart University Press. 547 p. [in Thai]
- Forest Land Management. 2023. **Forest area data project report 2023.** Retrieved from <https://bit.ly/3PLCOoW> [in Thai]
- Han, W., J. Chang, H. Jiang, S. Niu, Y. Liu, J. Xu, J. Wu and Y. Ge. 2021. Plant species diversity affects plant nutrient pools by affecting plant biomass and nutrient concentrations in high-nitrogen ecosystems. **Basic and Applied Ecology** 56: 213–225. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.08.002>
- Henson, I.E. 1999. Comparative Ecophysiology of Oil Palm and Tropical Rainforest. pp. 9–39. *In* Germit, S., K.H. Lim, T. Leng and D.L. Kow. (eds.). **Oil Palm and the Environment: A Malaysian Perspective.** Kuala Lumpur: Malaysian Oil Palm Growers Council.
- Islam, K.R. and R.R. Weil. 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems & Environment** 79: 9–16. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00145-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00145-0)

- Khunrattanasiri, W. 2020. **Satellite Imagery for Forest Resource Survey**. Bangkok: Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University. 349 p. [in Thai]
- Kiriratnikom, A. and S. Kiriratnikom. 2024. Carbon storages in tropical rain forest, case study: Ban Papong community forest, Thamod district, Phatthalung province. **Wichcha Journal** 43(1): 47–50. [in Thai]
- Kongmeesup, I. 2020. Interactions between climate change and the world's forest sector. **Naresuan Agriculture Journal** 17(2): 4–5. [in Thai]
- Land Development Department. 2004. **Guidelines for the Analysis of Soil, Water, Fertilizers, Plants, Soil Amendments, and Quality Certification**. Bangkok: Office of Science for Land Development. 252 p. [in Thai]
- Land Development Department. 2007. **Guidelines for Soil Management in Krabi**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 157 p. [in Thai]
- Lattirasuvan, T., S. Tanaka, K. Nakamoto, D. Hattori and K. Sakurai. 2010. Ecological characteristics of home gardens in northern Thailand. **TROPICS**. 18(4): 171–184.
- Lattirasuvan, T. 2012. Soil properties and plant diversity of home gardens in Song district, Phrae province. **Thai Journal of Forestry** 31(2): 19–23. [in Thai]
- Limsakul, A., S. Ngodngam, N. Sriburin, P. Suwanee and R. Phaisan. 2018. **Development of Carbon Sequestration and Exchange Assessment Methods under the Carbon Sequestration and Exchange Assessment Tool/Method Development Project**. 112 p. In Research Report. Bangkok: Department of Environmental Quality Promotion. [in Thai]
- Maharjan, M., S. Ayer, S. Timilsina, P. Ghimire, S. Bhatta, N. Thapa, Y.P. Timilsina, S. Lama, V.K. Yadav and C.C. Okolo. 2024. Impact of agroforestry intervention on carbon stock and soil quality in mid-hills of Nepal. **Soil Security** 16: 100164. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100164>
- Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 49–80.
- Pattanathaworn, W. 2021. **The study of soil carbon in Thailand**. Retrieved from http://oss101.ldd.go.th/osr_data&service/OSR_PDF/TB_SSK_Distribute/D_SSK63-002.pdf [in Thai]

- Pearson, T. and S. Brown. 2005. **Guide de mesure et de suivi du carbone dans les forêts et prairies herbeuses.** Arlington, VA: Winrock International. 38 p.
- Phomsenwong, B., S. Khamyong, N. Anongrak and P. Huttagosol. 2019. Soil characteristics derived from limestone between agricultural and forest lands in Mae Tao watershed, Mae Sot district, Tak province. **Journal of Agriculture** 35(2): 248–249. [in Thai]
- Prakunhangsit, S. 2002. Water management for plants. **Advanced Agriculture** 15(4): 59–62. [in Thai]
- Somprakon, S., T. Yothapakdee, I. Howpinjai, P. Painkhit, S. Yodkeaw, K. Kruama and T. Lattirasuvan. 2024. Soil fertility and estimation of carbon sequestration in forest restoration at age 8 years in Phrae province. **Thai Journal of Forestry** 43(1): 167–179. [in Thai]
- Srethasirote, B., R. Tawon, L. Poangjit and S. Soontornwong. 2011. **REDPLUS: Hot Issues in the World Negotiation Arena Concepts and Formats Appropriate for Thai Society.** Bangkok: Good Governance for Social Development and the Environment Institute (GSEI). 152 p. [in Thai]
- Tanaka, J.R.G. and M.A. Liebig. 2010. **Fallow effects on soil carbon and greenhouse gas flux in central North Dakota.** Retrieved from <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2136/sssaj2008.0368>
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2016. **Thailand Voluntary Emission Reduction Program Reference Manual: Forestry and Agriculture Sector.** 3rd ed. Bangkok: Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 65 p. [in Thai]
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **Guidelines for national greenhouse gas inventories: chapter 4 forest land.** Retrieved from https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
- Triphattanasuwan, P., S. Diloksumpun, D. Staporn and J. Rattanakaew. 2008. **Carbon Storage in Biomass of Some Tree Species Planted at the Pu Parn Royal Development Study Centre, Sakon Nakhon Province.** 18 p. *In* Research Report. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. [in Thai]

การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ
และระบบนิเวศสิ่งแวดล้อม ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

Development of a Geospatial Database for the Conservation of Biodiversity
and Environmental Ecosystems in the Huai Jo Low Hill Watershed

อรัทัย มิ่งธิพล¹ และยศสรณ์ ศรีสุข^{2,*}

Orathai Mingtipon¹ and Yotsarun Srisuk^{2,*}

¹คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: bozz.srisuk@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-5724-1065>

Received: December 23, 2024

Revised: July 21, 2025

Accepted: August 07, 2025

Abstract

This research aimed to develop a geospatial database to support biodiversity and ecosystem conservation within the area of the Plant Genetic Conservation Project under the Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn, located in Pa Phai sub-district, San Sai district, Chiang Mai. A Participatory Action Research (PAR) approach was employed, involving multiple stakeholders and integrating scientific and technological knowledge with local wisdom. The study focused on organizing a spatial information system to assess the status, potential, and limitations of biological factors and to identify indicators related to the stability of biodiversity and eco-cultural landscapes. Spatial data analysis revealed that the headwater forest area of the Huai Jo Low Hill watershed had the potential to generate approximately $2.35 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$ of streamflow annually and to contribute an estimated annual income of about 2,000,000 Baht to surrounding communities. The area also holds significant ecological value for conservation-based recreation and research activities. However, the stability of biodiversity is threatened by intensive land use, particularly forest product gathering influenced by the local belief that forest burning promotes plant regrowth. Furthermore, unregulated recreational activities negatively affect the watershed's ecological, economic, social, and research functions, pushing the ecosystem toward a regression stage. To address these challenges, conservation, restoration, and management strategies should be guided by the principles of Integrated Watershed Management (IWM), including landscape zoning; for sustainable resource use; designation of preservation and conservation-development zones, and enforcement of appropriate laws,

regulations, and management measures. To support these efforts, three types of databases were developed: (1) a GIS-based spatial database, (2) an information database, and (3) a Google Earth platform database integrated with up-to-date satellite imagery. These tools facilitate effective communication of research findings to communities, researchers, and administrative platforms at various levels.

Keywords: watershed management, participatory research, geospatial database, conservation, biodiversity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และระบบนิเวศในพื้นที่โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในพื้นที่ตำบลป่าไผ่ อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) ร่วมกับกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ผ่านการปรับประยุกต์องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น การวิจัยมุ่งเน้นการจัดระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial information system) เพื่อประเมินสถานภาพศักยภาพ และข้อจำกัดของปัจจัยทางชีวภาพ ตลอดจนระบุปัจจัยบ่งชี้ที่สัมพันธ์กับความมั่นคงของความหลากหลายทางชีวภาพและภูมินิเวศ จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ พบว่าพื้นที่ป่าต้นน้ำในลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไจ้มีศักยภาพในการผลิตน้ำท่าประมาณ 2.35 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และสามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนโดยรอบเฉลี่ยปีละประมาณ 2,000,000 บาท อีกทั้งยังมีคุณค่าเชิงนิเวศสำหรับกิจกรรมนันทนาการเชิงอนุรักษ์และการศึกษาวิจัย

ในทางกลับกัน ปัจจัยเสี่ยงหลักที่กระทบต่อความมั่นคงของความหลากหลายทางชีวภาพ คือ การใช้

ประโยชน์พื้นที่อย่างเข้มข้น โดยเฉพาะการเก็บหาของป่าที่สัมพันธ์กับความเชื่อในท้องถิ่นเกี่ยวกับการเผาป่าเพื่อเร่งการงอกใหม่ของพืช นอกจากนี้ กิจกรรมนันทนาการที่ขาดการควบคุมยังส่งผลกระทบต่อคุณค่าของพื้นที่ในฐานะแหล่งต้นน้ำ ตลอดจนคุณค่าทางนิเวศ เศรษฐกิจ สังคม และการศึกษาวิจัย ส่งผลให้ระบบนิเวศในพื้นที่เข้าสู่ “ภาวะถดถอย” (regression stage) แนวทางในการอนุรักษ์ฟื้นฟู และจัดการพื้นที่ป่าควรมีหลักการจัดการลุ่มน้ำแบบบูรณาการ (integrated watershed management) โดยกำหนดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนตามหลักการอนุรักษ์เชิงปฏิบัติ เช่น การกำหนดขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นเขตสงวน เขตอนุรักษ์ และเขตพัฒนา รวมทั้งเสนอให้มีการกำหนดกฎ ระเบียบ และมาตรการทางกฎหมายที่เหมาะสม ทั้งนี้ได้มีการพัฒนาฐานข้อมูล 3 รูปแบบ ได้แก่ ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (GIS-based database) ฐานข้อมูลเชิงสารสนเทศ (information database) และฐานข้อมูลบนแพลตฟอร์ม Google Earth ซึ่งเชื่อมโยงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทันสมัย เพื่อให้สามารถสื่อสารและนำเสนอผลการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อชุมชน นักวิจัย และหน่วยงานบริหารที่เกี่ยวข้อง

คำสำคัญ: การจัดการลุ่มน้ำ การวิจัยแบบมีส่วนร่วม ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ การอนุรักษ์ ความหลากหลายทางชีวภาพ

บทนำ

พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไจ้ อยู่ภายใต้โครงการอนุรักษ์ ศึกษา และพัฒนา ป่าบ้านโป่ง ตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ให้มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อนุรักษ์ ศึกษา และพัฒนาพื้นที่ป่าต้นน้ำ โดยมีเงื่อนไขว่า “การศึกษาวิจัยนั้นต้องรบกวนสภาพป่าธรรมชาติให้น้อยที่สุด” รวมทั้งให้ความรู้แก่ราษฎรให้ใช้ประโยชน์และเห็นคุณค่าของทรัพยากรป่าไม้ ดิน และแหล่งน้ำ ฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำเป็นพื้นที่ศึกษาโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช โดยพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (Maejo University Farm Office, n.d.) โดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้สนองพระราชดำริ กิจกรรมด้านปกป้องพันธุกรรมพืช สำรวจ เก็บรวบรวม ปลูกรักษา อนุรักษ์ ใช้ประโยชน์พันธุกรรมพืช และสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช เพื่อให้เกิดการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศระดับท้องถิ่น ด้วยการรับรู้เข้าใจสถานการณ์ปัญหาและเกิดการจัดการแบบองค์รวมทุกภาคส่วนในท้องถิ่นนั้น โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไจ้ โดยเน้นให้เกิดการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสียหลัก อันประกอบไปด้วยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชนท้องถิ่น องค์กรพัฒนาเอกชน และมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ด้วยแนวคิดการอนุรักษ์ และฟื้นฟู 3 ทฤษฎีของการพัฒนาฟื้นฟูป่าไม้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประกอบด้วย 1) ทฤษฎีการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกตามหลักการฟื้นฟูสภาพป่าด้วยวิถีธรรมชาติ (natural reforestation) 2) ทฤษฎีการพัฒนาป่าไม้โดยการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการสร้างแนวป้องกันไฟเปียก (wet fire break) และ 3) ทฤษฎีการสร้างความชุ่มชื้นให้ป่าด้วยฝายชะลอน้ำ (increasing forest moisture by check dam) โดยปฏิบัติการทางวนวัฒนวิธีและการจัดการลุ่มน้ำ (Office of the Special Committee for Coordination of Royal Initiative Projects, 1993)

การบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ และระบบนิเวศระดับท้องถิ่น จำเป็นต้องมีเครื่องมือ คือ ฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อให้รับรู้เข้าใจสถานการณ์ปัญหาและการจัดการแบบองค์รวมทุกภาคส่วนในท้องถิ่น (Office of Bioeconomy Development, 2018; Schwarz *et al.*, 2017, Weiskopf *et al.*, 2022) ซึ่งเป้าหมายของการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่ทันสมัย เพื่อสนับสนุนการปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศที่สามารถขับเคลื่อนแผนงานและโครงการที่มีผู้มีส่วนได้เสียหลัก ประกอบด้วย ชุมชนและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สถาบันการศึกษาในพื้นที่เป็นกลไกขับเคลื่อนการปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไจ้

วิธีดำเนินการวิจัย

การประเมินสถานภาพ ศักยภาพ และข้อจำกัด ปัจจัยทางกายภาพ ชีวภาพ ได้ประยุกต์ทั้งการวิเคราะห์ระบบนิเวศลุ่มน้ำ การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางธรรมชาติ ทั้งภาวะแห้งแล้ง ไฟป่า การประเมินการกักเก็บคาร์บอน รวมทั้งการศึกษาวเคราะห์ทางวนศาสตร์ เพื่อตอบโจทย์วิจัยระหว่างการนำปัญหาที่น่าสนใจศึกษา ความน่าสนใจและความสำคัญเชิงพื้นที่ (problem based and area based) โดยกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นโครงสร้างทางกายภาพ ส่วนเชิงสังคม คือ ชุมชนที่อยู่อาศัยและใช้ประโยชน์ทรัพยากรความหลากหลายชีวภาพล้อมรอบพื้นที่ วิธีการวิจัยจึงมีลักษณะพิเศษ คือ มีจุดเน้นที่กระบวนการเรียนรู้มากกว่าระเบียบวิธีวิจัยที่เป็นวิทยาศาสตร์ที่มีกฎเกณฑ์ตายตัว งานวิจัยนี้จึงเป็นวิธีการวิจัยที่คณะผู้วิจัยปรับวิธีการให้เข้ากับปัญหา ใช้วิธีการวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม การร่วมวิเคราะห์สถานการณ์ และสร้างแนวทางอนุรักษ์ปกป้องรักษาทรัพยากรร่วมกับกลุ่มผู้มีส่วนได้เสีย ดังนั้น วิธีการวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีบางอย่างต้องปรับให้เข้ากับภูมิปัญญา และขอบเขตการมีส่วนร่วมของกลุ่มผู้มีส่วนได้เสีย เป็นต้น กระบวนการดำเนินงานวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ดังนี้ (Figure 1)

การจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นร่วมกับชุมชน

กระบวนการวิจัยเริ่มต้นด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้ โดยเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนผ่านกิจกรรม community mapping ซึ่งรวมถึงการระบุขอบเขตลุ่มน้ำ ชนิดพันธุ์พืช ประเภทป่า และพื้นที่อนุรักษ์ โดยใช้วิธีวาดแผนที่ร่วมกับผู้นำชุมชนและชาวบ้านในพื้นที่ นอกจากนี้ยังมีการสำรวจลักษณะภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระบบนิเวศ และกิจกรรมของชุมชน เพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้ท้องถิ่นกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนของการประเมินศักยภาพด้านทรัพยากรน้ำ ได้คำนวณปริมาณผลผลิตน้ำท่ารายปีของพื้นที่ต้นน้ำห้วยโจ้โดยใช้สมการพื้นฐานของสมดุลน้ำ (Water Balance Equation)

$$Q = P - ET - \Delta S$$

โดยที่ Q คือ ผลผลิตน้ำท่า (streamflow, $m^3 \text{ year}^{-1}$)

P คือ ปริมาณฝนรายปี (precipitation)

ET คือ การระเหยและการคายน้ำ (evapotranspiration)

ΔS คือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำกักเก็บในดิน (change in soil storage)

การพัฒนาและวิเคราะห์ดัชนีร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

การประชุมปรึกษาหารือร่วมกับชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานด้านการอนุรักษ์ เพื่อกำหนดชุดดัชนีที่สามารถสะท้อนสถานะ ศักยภาพ และข้อจำกัดของระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพในลุ่มน้ำ โดยจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ (1) ดัชนีภูมิอากาศ และลักษณะทางกายภาพ ประกอบด้วย ภูมิอากาศ จุลภาค ความลาดชัน และอุทกวิทยา (2) ดัชนีทางชีวภาพ ประกอบด้วย ความหลากหลายและการฟื้นฟูของชนิดพืช ความสามารถในการทดแทน และดัชนีพืชเด่น และ (3) ดัชนีด้านการใช้ประโยชน์และการจัดการ ประกอบด้วย

รายได้จากการเก็บของป่า พื้นที่ศึกษาธรรมชาติ โครงสร้างป้องกันไฟ และข้อตกลงของชุมชน การมีส่วนร่วมในขั้นตอนนี้ช่วยให้ดัชนีมีความสอดคล้องกับบริบทท้องถิ่น และสะท้อนภาพรวมของระบบนิเวศในมิติต่าง ๆ อย่างรอบด้าน

การจัดเก็บ วิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้มุ่งเน้นการจัดทำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อบูรณาการข้อมูลด้านกายภาพ ชีวภาพ และการใช้ประโยชน์ โดยใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อเก็บ บันทึก และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ทั้งเชิงตัวเลขและเชิงสถานการณ์ เช่น ความลาดชัน แนวลำธาร พื้นที่ป่า การใช้ที่ดิน และพื้นที่เสี่ยง การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ยังใช้ฟังก์ชัน overlay เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างศักยภาพ และข้อจำกัดในแต่ละพื้นที่ของลุ่มน้ำห้วยโจ้ ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการพัฒนาแนวทางการจัดการและแผนปฏิบัติการในระยะถัดไป

การพัฒนาแนวทางการจัดการและฐานข้อมูลสนับสนุนการอนุรักษ์

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลและดัชนี ถูกนำมาใช้จัดทำแนวทางการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างยั่งยืน โดยใช้แนวคิดการบริหารจัดการลุ่มน้ำแบบบูรณาการ (Integrated Watershed Management: IWM) ซึ่งรวมถึงการแบ่งเขตการใช้ประโยชน์พื้นที่ เช่น เขตอนุรักษ์ เขตพัฒนา และเขตใช้ประโยชน์ร่วม พร้อมทั้งกำหนดมาตรการทางกฎหมายและข้อตกลงในระดับชุมชน ข้อมูลที่ได้ยังถูกนำไปพัฒนาเป็นฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ 3 รูปแบบ ได้แก่ ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (GIS) ฐานข้อมูลสารสนเทศ และฐานข้อมูลเชิงภาพบน Google Earth ซึ่งช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและการสื่อสารข้อมูลกับทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง

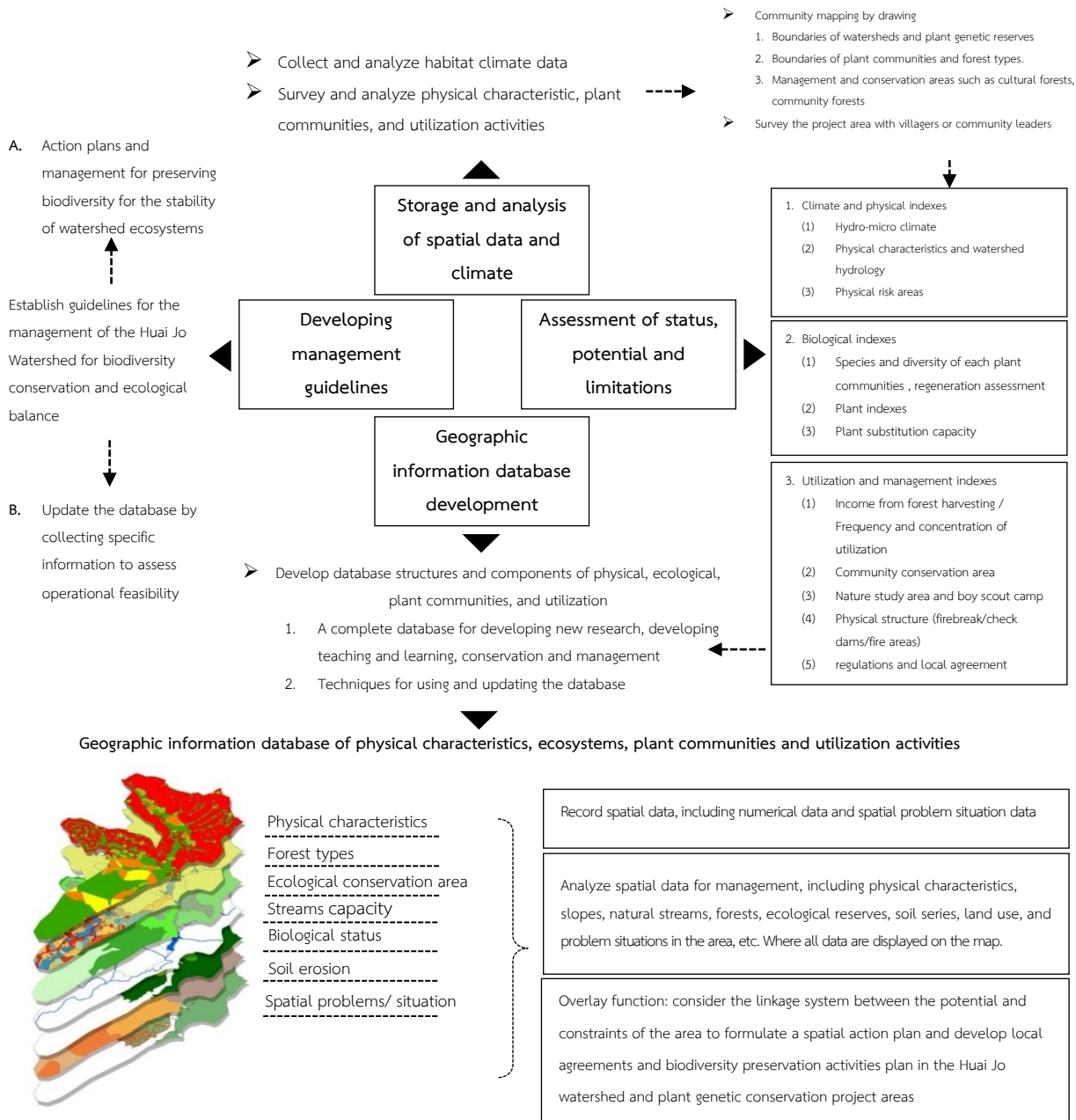


Figure 1 Research methodology

ผลการวิจัย

ปัจจัยบ่งชี้ด้านภูมิอากาศและลักษณะทางกายภาพ

ปัจจัยด้านพฤติกรรมगतของฝน

จำนวนวันฝนตกและปริมาณน้ำฝนที่มีแนวโน้ม

ต่ำลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 และลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจส่งผล

ต่ออุณหภูมิและการคายระเหยที่สูงขึ้นในช่วงฤดูร้อน ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยไม่สามารถชดเชยการสูญเสียน้ำ จนทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้และลูกไม้ในพื้นที่โครงการ โดยเฉพาะปี พ.ศ. 2558 เกิดภาวะแห้งแล้งรุนแรงในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ (Figure 2) ภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน

ในฤดูฝน ปริมาณน้ำในลำห้วยสายหลักที่เคยไหลตลอดทั้งปี กลับแห้งขอด ไม่มีน้ำกักเก็บในอ่างเก็บน้ำห้วยใจ จนส่งผลกระทบต่อปลาที่อยู่ในอ่างเก็บน้ำ ชาวบ้านต้องแก้ไขปัญหาด้วยการ

นำปลาทั้งหมดในบ่อออกจำหน่าย ซึ่งพฤติกรรมการตกของฝนที่เปลี่ยนแปลงไปจนเกิดภาวะฝนแล้งที่ยาวนาน ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำในระดับรุนแรง

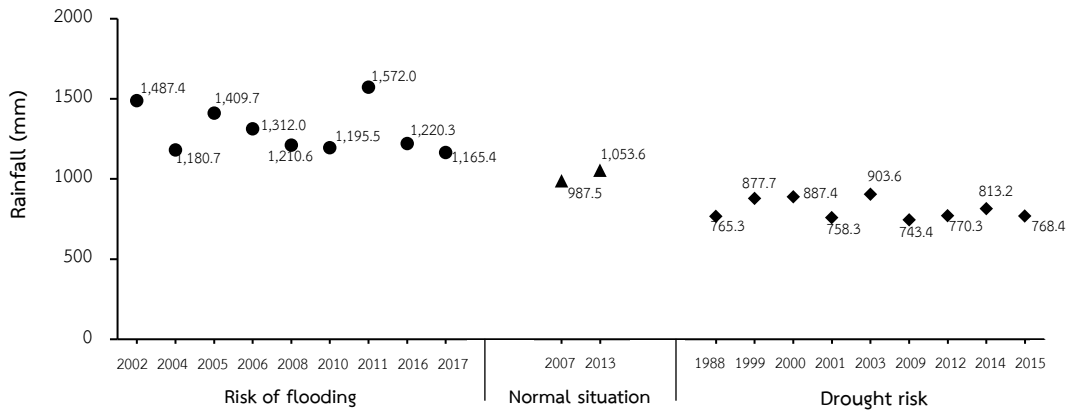


Figure 2 Flood and drought situations

source: Upper Northern Irrigation Hydrological Center (2024)

ปัจจัยด้านลักษณะกายภาพและลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจและโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชป่าบ้านโป่ง เป็นพื้นที่รับน้ำที่อยู่ในกลุ่มภูเขารอบนอกของแนวเทือกเขา จึงมีความสูงและความลาดชันไม่มาก มีลำน้ำห้วยใจเป็นลำห้วยสายหลัก และมีลำห้วยสาขาสายสั้น ๆ 7 สาย ที่มีอัตราการไหลของน้ำที่แตกต่างกันตามลักษณะความลาดชัน และเป็นเพียงลำน้ำสายสั้นและแคบ ทำให้ระบบระบายน้ำในแต่ละลุ่มน้ำย่อยค่อนข้างดีและระบายน้ำลงสู่พื้นที่ตอนล่างอย่างรวดเร็ว (Figure 3) ซึ่งในช่วงเวลาที่เกิดภาวะฝนตกหนัก ปริมาณน้ำไหลบ่าตามลาดผิวดินมีความเร็วและแรง เกิดการชะล้างหน้าดินสูง ส่วนฤดูแล้งมีน้ำไหลในลำธารน้อย หรือไม่มีน้ำไหลตลอดฤดูแล้ง เนื่องจากพื้นที่ป่าต้นน้ำที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าเต็งรังซึ่งผ่านการสัมปทาน ทำให้มีศักยภาพในการซึมซับน้ำฝนได้น้อย และปลดปล่อยน้ำลงสู่ลำห้วยได้น้อยในช่วงฤดูแล้ง

สำหรับลำห้วยสาขาที่สำคัญในเขตพื้นที่ป่าต้นน้ำ ได้แก่ ห้วยต้นกอก ห้วยมะปราง ห้วยสำอางมณฑา และห้วยน้ำขุ่น ปริมาณน้ำทั้งหมดจะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยใจ โดยพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำเป็นที่ราบระหว่างหุบเขาแคบ ๆ ซึ่งมีความกว้าง ประมาณ 200–500 เมตร แอ่งที่ราบบริเวณนี้เป็นพื้นที่สะสมตะกอนต่อเนื่องจากพื้นที่ลาดเชิงเขาและสันเขา เมื่อฝนตกลงมามากกว่าความสามารถในการซึมซับน้ำของดินบริเวณลาดเชิงเขาและสันเขา จึงเกิดน้ำไหลบ่าเหนือดินลงสู่บริเวณที่ราบระหว่างหุบเขา ปริมาณน้ำนี้จะถูกกักเก็บไว้โดยตะกอนบริเวณที่ราบก่อนระบายสู่อ่างเก็บน้ำห้วยใจ

จากการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540–2560 พบว่าลำห้วยสายหลักทั้ง 4 สาย ในพื้นที่ต้นน้ำมีความสามารถในการผลิตน้ำค่อนข้างสูง โดยเฉพาะห้วยต้นกอก สามารถผลิตน้ำท่าได้มากถึง 1.81 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนห้วยน้ำขุ่น ห้วยสำอางมณฑา และห้วยมะปราง ผลิตน้ำได้ 0.71, 0.68 และ 0.65 ล้าน

ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่า
 สะสมในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดภาวะฝนตกหนัก
 ในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ ณ ช่วงเวลาดังกล่าว ลำห้วย
 สายหลัก 4 สาย ผลิตน้ำได้มากถึง 2.53 ล้านลูกบาศก์เมตร
 ซึ่งเกินความสามารถในการรับน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยโจ้
 ที่สามารถเก็บน้ำได้เพียง 1.2 ล้านลูกบาศก์เมตร มวล

ปริมาณมากจึงไหลล้นผ่านสปริงเวย์ เข้าท่วมบ้านเรือนและ
 พื้นที่เกษตรกรรมที่ลุ่มต่ำทางตอนล่างจนได้รับความ
 เสียหาย กล่าวได้ว่าปัจจัยด้านลักษณะกายภาพและ
 ลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำส่งผลโดยตรงต่อระดับความ
 รุนแรงของภาวะน้ำท่วมและภาวะแห้งแล้ง

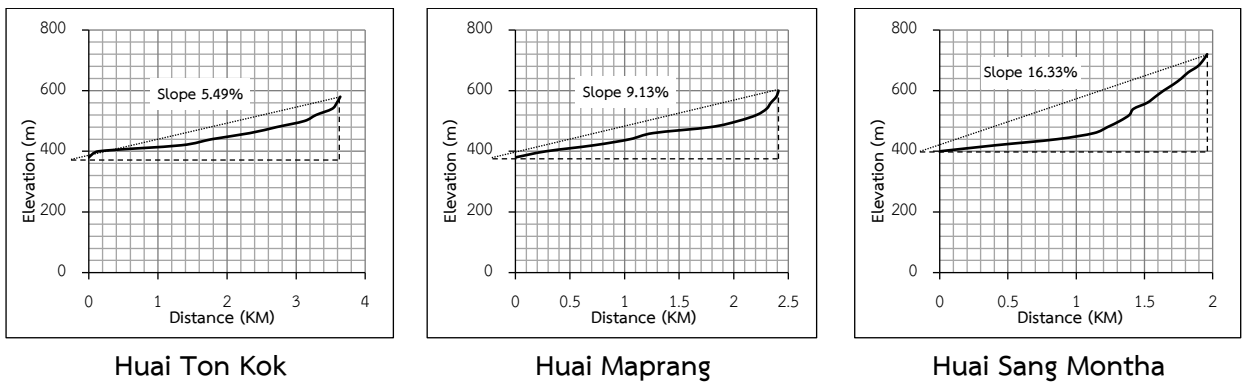


Figure 3 Sub-watershed riverbed slope affecting water storage volume

ปัจจัยด้านพื้นที่เสี่ยง

พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้และบริเวณโครงการ
 อนุรักษ์พันธุกรรมพืชป่าบ้านโป่ง เป็นพื้นที่ที่ประสบกับ
 ปัญหาไฟป่าซ้ำซากเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะในช่วง
 ฤดูแล้งซึ่งมีสภาพแห้งแล้งและมีวัสดุเชื้อเพลิงสะสมสูง
 จากการศึกษาภาคสนามและการสนทนากลุ่มกับชาวบ้าน
 ในพื้นที่ พบว่ามีความเชื่อในระดับชุมชนว่า “การเผาป่า”
 สามารถช่วยกระตุ้นการงอกของพืชพรรณป่า เช่น เห็ดป่า
 หรือพืชอาหารบางชนิด ผลกระทบของไฟป่าในพื้นที่นี้
 ไม่ได้จำกัดเพียงความเสียหายทางกายภาพของพืชพรรณ
 และสัตว์ป่าเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการเปลี่ยนแปลง
 ทางกระบวนการทางนิเวศวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง
 ในกระบวนการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน และลด
 ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำลงสู่ชั้นใต้ดิน ส่งผลให้
 เมื่อฝนตกจะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน (surface runoff)

และเกิดการชะล้างหน้าดินและธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการ
 เจริญเติบโตของพืชใหญ่ นอกจากนี้ ไฟปายังส่งผลกระทบต่อ
 ไม้พื้นล่าง เช่น ลูกไม้ของไม้ใหญ่และไม้พุ่ม ซึ่งมักถูก
 เผาไหม้หมดไป ความหนาแน่นของไม้พื้นล่างที่ลดลงทำให้
 การทดแทนของพืชพรรณธรรมชาติลดลง ส่งผลให้ระบบ
 นิเวศป่าลดทอนความสามารถในการฟื้นฟูดิน และ
 เข้าสู่ภาวะ "เสื่อมถอย" หรือ "regression stage"

การประเมินความเสี่ยงไฟป่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ
 เชิงเขาห้วยโจ้ ใช้ข้อมูลจุดความร้อนจากดาวเทียม VIIRS
 และ MODIS ควบคู่กับการระบุขอบเขตพื้นที่ไฟป่าจากการ
 มีส่วนร่วมของชุมชนผ่านกิจกรรมวาดแผนที่ ร่วม
 (participatory mapping) ข้อมูลเหล่านี้ถูกวิเคราะห์
 ในระบบ GIS เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงไฟป่า และสนับสนุน
 การวางแผนป้องกัน เช่น แนวกันไฟและข้อตกลงชุมชน

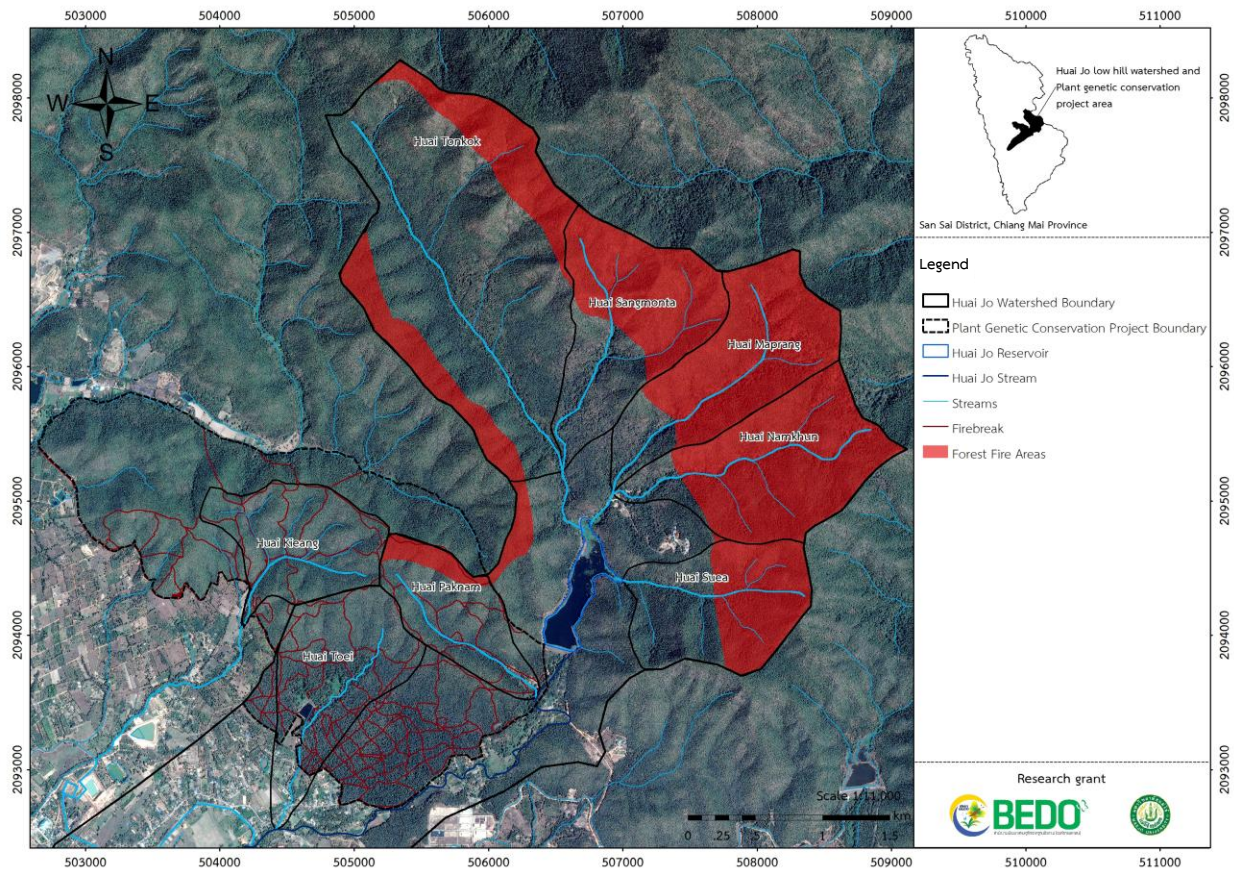


Figure 4 Forest fire areas

source: Mingthipol et al. (2018)

ปัจจัยบ่งชี้ด้านคุณค่าและความเสี่ยงต่อความหลากหลายทางชีวภาพระดับลุ่มน้ำย่อย

สถานภาพด้านคุณค่าความหลากหลายทางชีวภาพของลุ่มน้ำย่อย ในพื้นที่โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชยังคงอยู่ในระดับสูง แต่ระดับขั้นการพัฒนาและฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพ อยู่ใน “ภาวะถดถอย” เนื่องจากความเสี่ยงจากการใช้ประโยชน์และการจัดการที่ขัดแย้งกับการอนุรักษ์ ส่วนลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยใจดอนบน ยังคงแสดงบทบาทหลักในการผลิตน้ำท่าให้กับอ่างเก็บน้ำห้วยใจ ได้ดีเพราะมีน้ำไหลในลำห้วยสายหลักตลอดปี เช่นเดียวกับคุณค่าทางเศรษฐกิจจากของป่าที่สร้างรายได้แก่ชุมชนบ้านโป่งตลอดทั้งปี

อย่างไรก็ตาม พื้นที่ลุ่มน้ำหลัก ระดับขั้นการพัฒนาและฟื้นฟูพืชพันธุ์ “เข้าสู่ภาวะถดถอย” (regressing

stage) ทั้งจากกิจกรรมนันทนาการที่ไม่เหมาะสมและการเก็บหาของป่าอย่างเข้มข้น โดยขาดกฎระเบียบควบคุมการใช้ประโยชน์ ดังนั้น สถานภาพของความหลากหลายทางชีวภาพทั้งระดับลุ่มน้ำห้วยใจ ระดับสังคมพืชและระดับลุ่มน้ำย่อย จึงอยู่ใน “ภาวะถดถอย” จึงจำเป็นต้องมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูทั้งในระดับลุ่มน้ำย่อยและระดับสังคมพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ดังกล่าว

ขณะเดียวกัน บทบาทโดดเด่นและเป็นปัจจัยบ่งชี้ทิศทางบวกเพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาผืนป่าบ้านโป่งลุ่มน้ำห้วยใจ มีความสำคัญกับชุมชนเมืองในฐานะเป็นพื้นที่สีเขียวผลิตอากาศบริสุทธิ์ (green area) พื้นที่ศึกษาเรียนรู้ธรรมชาติของเยาวชนและกิจกรรมนันทนาการแก่ผู้ใหญ่ ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Effectiveness of potential Indicators at watershed level

Aspect of indicators	Effective indicators
1. Biological value	1. five (5) categories of forest communities: deciduous dipterocarp regeneration forest, deciduous dipterocarp scrub forest, secondary mixed deciduous forest, lower mixed deciduous forest, and the transition zone between lower mixed deciduous forest and deciduous dipterocarp forest
1.1 Diversity of plant community	2. five (5) existing plant communities with pure stand species: iron wood forest, burmese lacquer forest, <i>Dipterocarpus alatus</i> and sappanwood plant community nearby stream with value plants i.e. rambek, cinnamon, Salee Dong, Chok Tree and Dong Dam (rare trees) 3. existing ecosystem of palustrine wetland – wetland forest subclass 4. herb community of 54 types of utilizing herb, especially simulative herb species
1.2 Watershed forest value	1. 2.35 million cubic meters of annual water yield with Huai Jo reservoir capacity of $1.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ volume with 1 million cubic meters regulated to Huai Hug and Huai Kiang reservoirs on downstream drought zone 2. three (3) main streams penetrating stream flow to Huai Jo reservoir all year round
1.3 Carbon storage area	a total of 190,380 tons of carbon storage above the soil surface provided by Banpong forest, with economic value equivalent to 92,728,715 Baht; higher average value of carbon storage above soil surface in comparison to mixed deciduous forest and deciduous dipterocarp forest in the northern region
1.4 Economic value	economic values of non-timber forest collection of 9,567.56 Baht/household/year generated by non-timber forest collection for Banpong villagers and their neighboring communities
1.5 Social and cultural values	tradition of headwater zone conservation carried on annually by Banpong forest, such as Hua Pong forest spirit respecting and forest ordination ceremonies.
1.6 Learning and research values	under the royal initiatives of former King Rama IX, 42 projects of physical and biological resources biodiversity research and utilization, as well as establishment of nature study area for youth in Chiang Mai province, and a recreation area for nature and wisdom learning activities for aging society
2. Forest boundary and utilization	1. forest area utilization for research and development based on the conditions set by the Forest Land Management Section, Office of Chiang Mai Provincial Forest. 2. no effect of land utilization in the surrounding areas of the project towards biodiversity of Huai Jo upper Hill watershed, plant genetic conservation project for planting and housing area expansion at the watershed level, including no land demarcation conflict of community encroachment into the forest area.
3. On-site erosion	lower-level on-site erosion volume at 354.06 tons/year or 0.035 ton/rai/year (watershed level)
4. Nutrient loss	lower-level leaching of macronutrient volume for N-P-K at 25.89 tons yr^{-1} or 2.54 kgs $\text{rai}^{-1} \text{ yr}^{-1}$

ในทางตรงกันข้าม ปัจจัยบ่งชี้หลักที่เสี่ยงต่อความมั่นคงของความหลากหลายทางชีวภาพ คือ การใช้ประโยชน์ที่เข้มข้นทั้งการเก็บหาของป่า (non timber forest collection) โดยเฉพาะความเชื่อว่าการเผาพื้นป่าช่วยเร่งการเพิ่มปริมาณผลผลิตของป่า ยิ่งไปกว่านั้นกิจกรรมนันทนาการที่ไม่เหมาะสมและขาดการควบคุม เช่น การขับจักรยานยนต์วิบาก จักรยานภูเขา รวมทั้งการขี่ม้า และปัญหาขยะ ที่สร้างผลกระทบทั้งการพังทลายของร่องน้ำ การชะล้างหน้าดิน ซึ่งสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวสร้างผลกระทบที่รุนแรงต่อคุณค่าการเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร คุณค่าทางนิเวศวิทยา เศรษฐกิจ สังคม และการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนา ยิ่งไปกว่านั้นการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับโลก มีผลให้ความแห้งแล้งรุนแรงและยาวนานขึ้น เป็นปัจจัยเสริมต่อการทดแทนและฟื้นฟูโดยธรรมชาติด้านพืชพันธุ์และคุณสมบัติของดิน นอกจากนี้การบริหารจัดการเชิงพื้นที่ที่ไม่ได้รับการช่วยเหลือจากหน่วยงานภาครัฐ ทั้งด้านการวางแผนหรือกำหนดแนวทางการจัดการป่าอย่างยั่งยืน ส่งผลให้คุณค่าและความมั่นคงของระบบนิเวศลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้และโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อยู่ในสถานภาพ “เข้าสู่ภาวะถดถอย (regression stage)” โดยเฉพาะการถดถอยของบทบาททางอุทกวิทยา รวมทั้งบทบาททางเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ซึ่งกล่าวได้ว่าระบบนิเวศลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ อยู่ใน “ระดับเตือนภัย (warning level)” ซึ่งปัจจัยบ่งชี้สถานภาพทิศทางการลบลบของระดับลุ่มน้ำห้วยโจ้ ดังนี้

1) ขอบเขตพื้นที่เพื่อการปกป้องรักษา และการใช้ประโยชน์ ได้แก่

1.1) พื้นที่ป่าบ้านโป่ง มิได้กำหนดขอบเขตพื้นที่ปกป้องรักษา พื้นที่อนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ที่ชัดเจน ปัจจุบันชุมชนบ้านโป่งกำหนดขอบเขตและระเบียบการใช้ขึ้นโดยการรับรู้ภายในชุมชน แต่กลุ่มคนภายนอกไม่รับรู้และขาดการมีส่วนร่วมจัดการ

1.2) การเข้ามาเก็บของป่าเพื่อหารายได้จากกลุ่มคนภายในและภายนอกชุมชนแบบเข้มข้น และไม่

เหมาะสมตามวิธีการใช้ประโยชน์เชิงอนุรักษ์ โดยเฉพาะฤดูเก็บเห็ดเหาะ ซึ่งเป็นต้นฤดูฝนที่ลูกไม้เพิ่งขึ้นฟูจากการได้รับฝนแรก

1.3) ปัญหาการเผาป่านอกพื้นที่โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชลามเข้าสู่พื้นที่ ทุกสังคมป่าได้รับผลกระทบจากปัญหาเผาป่าจากพฤติกรรมการเก็บหาของป่า

1.4) กิจกรรมนันทนาการหลายประเภทไม่เหมาะสม

2) การบริหารจัดการ

2.1) ขาดระเบียบกฎหมายการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้ที่บัญญัติขึ้นตามขั้นตอนของกฎหมาย โดยใช้อ้างอิงกฎหมายหลักที่เกี่ยวข้อง

2.2) ขาดการบริหารจัดการร่วมระหว่างส่วนจัดการที่ดินป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เทศบาลตำบลป่าไผ่ แต่บทบาทหลักในการดูแลรักษาป่าเป็นของชุมชนบ้านโป่ง

2.3) แนวกันไฟไม่ครอบคลุมพื้นที่เสี่ยงไฟป่า

2.4) ฝ่ายชลอน้ำเดิมเป็นฝ่ายหินผสมคอนกรีต ไม่เหมาะสมกับลักษณะภูมิกายภาพและร่องน้ำมีปัญหาฝายพังหลายแห่งและกลายเป็นขยะร่องน้ำ กีดขวางการไหลของน้ำในฤดูฝนแต่ไม่สามารถชลอน้ำและเพิ่มความชื้นให้กับพื้นที่ป่าริมน้ำได้ สร้างปัญหาร่องน้ำและพื้นที่ป่าริมน้ำถูกกัดเซาะ

3) ปัจจัยด้านกายภาพ

3.1) ลักษณะอากาศประจำถิ่น พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ อยู่ในเขตแห้งแล้งของจังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำ ส่วนการกระจายของฝนรายเดือนปรากฏช่วงแห้งฝนหลายช่วง ซึ่งมีผลต่อ (1) ปัญหาไฟป่า ค่อนข้างรุนแรงในปีที่สภาพอากาศแห้งแล้ง ดังเช่นปี พ.ศ. 2562 และ (2) อัตราการรอดการทดแทนของไม้หนุ่ม กล้าไม้ และลูกไม้ โดยเฉพาะป่าเต็งรังแคะและป่าเต็งรังรุ่นสอง

3.2) สภาพดิน กลุ่มชุดดินที่ 62 มากถึงร้อยละ 60 ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ตอนบนและบางส่วนของพื้นที่โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช ลักษณะดินลูกรัง (lateritic soil) ชั้นดินบาง ปริมาณการ

สะสมอินทรีย์วัตถุและการหมุนเวียนธาตุอาหารต่ำ ความหนาแน่นสูงมีผลให้ความสามารถในการซึมน้ำและสะสมความชื้นต่ำ การชะล้างพังทลาย (soil erosion) ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะสังคมป่าเต็งรังแคะและป่าเต็งรังรุ่นสอง และมีปัญหาต่อเนื่อง คือ 1) ไฟป่ารุนแรง เพราะดินขาดความชื้นในฤดูแล้ง 2) อัตราการรอดของไม้หนุ่ม ลูกไม้ และกล้าไม้ต่ำมาก

3.3) ลักษณะทางอุทกศาสตร์ ลำห้วยทุกสายมีความลาดชันสูง ส่งผลให้น้ำในลำห้วยหลากในฤดูฝน และแห้งแล้งในฤดูแล้ง

ปัจจัยบ่งชี้ด้านการใช้ประโยชน์และการบริหารจัดการ

การพัฒนาและฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพอยู่ใน “ภาวะถดถอย” เนื่องจากความเสี่ยงจาก

การใช้ประโยชน์ทั้งด้านกิจกรรมนันทนาการที่ไม่เหมาะสม และการเก็บหาของป่าอย่างเข้มข้น รวมไปถึงการจัดการที่ขัดแย้งกับการอนุรักษ์ที่มีการกำหนดขอบเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ป่าวัฒนธรรม และป่าใช้สอย อย่างชัดเจน แต่ขาดการเฝ้าระวังควบคุมการใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะกิจกรรมเส้นทางจักรยานยนต์วิบากที่ใช้เส้นทางท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่มีหลายเส้นทางอยู่ในเขตพื้นที่ป่าต้นน้ำ (Figure 5) ซึ่งควรค่าแก่การอนุรักษ์โดยมิให้ผู้ใดเข้าไปใช้ประโยชน์ เนื่องด้วยรูปแบบการบริหารจัดการที่ไม่ชัดเจน ทำให้ขาดการสร้างเครือข่ายการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพร่วมกันระหว่างชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่

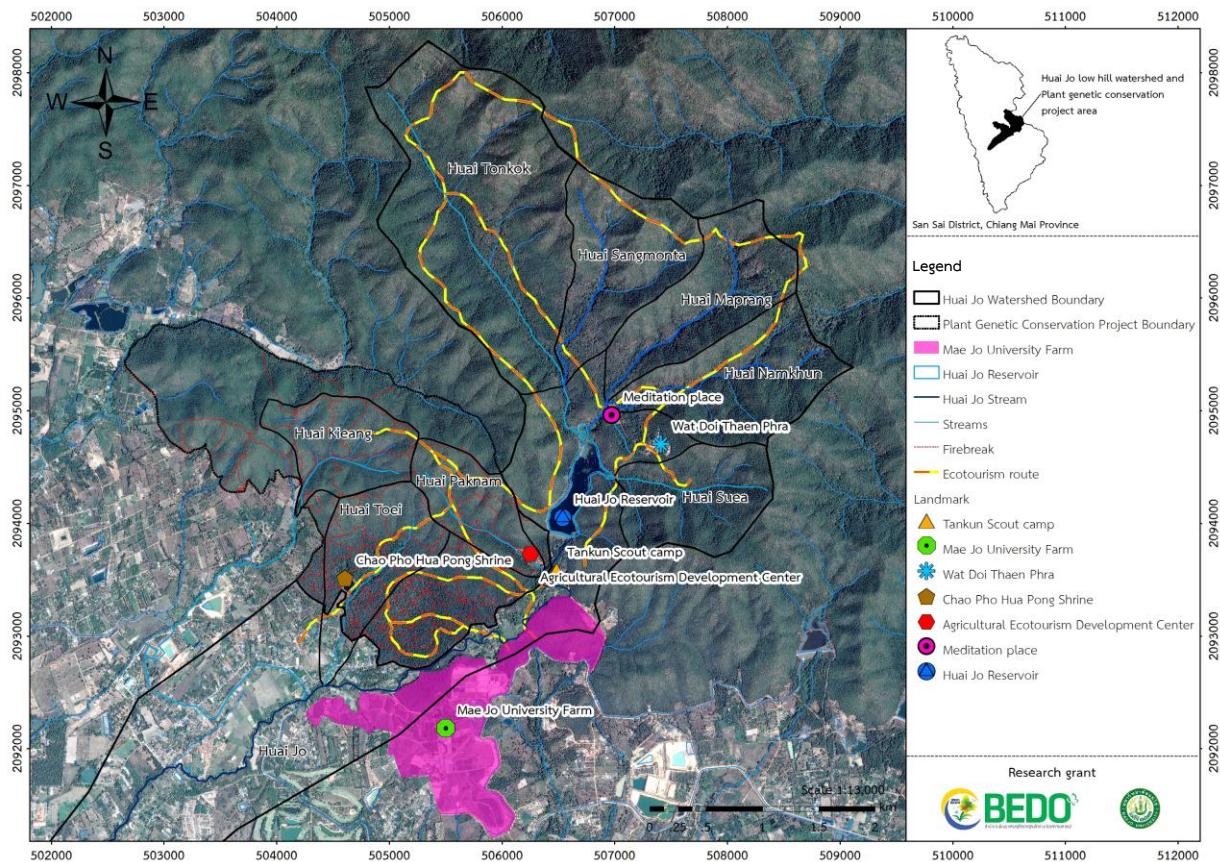


Figure 5 Motorcycle trails and recreational areas

source: Mingthipol *et al.* (2018)

แนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาพื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพ

จากการซ้อนทับข้อมูลเชิงพื้นที่ทางด้านกายภาพกับสถานการณ์การใช้ประโยชน์และสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงจากการสำรวจและจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ จึงค้นพบปัจจัยบ่งชี้ความมั่นคงและความเสี่ยงต่อความหลากหลายทางชีวภาพเชิงพื้นที่ ที่นำไปสู่แนวทางการอนุรักษ์ฟื้นฟูและดูแลรักษาพื้นที่ป่า ให้คงศักยภาพในการเป็นป่าต้นน้ำ รวมทั้งการเพิ่มคุณค่าการใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมแก่ชุมชนลุ่มน้ำห้วยโจ้และใกล้เคียง ด้วยหลักการจัดการลุ่มน้ำแบบบูรณาการ โดยมีแนวคิดการกำหนดพื้นที่ให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติแบบยั่งยืนตามหลักการอนุรักษ์เชิงปฏิบัติด้วยการกำหนดเขตที่ดินเป็นเขต เช่น เขตปกป้องรักษาที่ต้องสงวนไว้มิให้มีการใช้ทรัพยากร เขตอนุรักษ์และการพัฒนา อีกทั้งควรมีกฎหมาย ข้อห้าม ระเบียบปฏิบัติ ทั้งนี้ แนวทางการปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพเชิงพื้นที่ การวิจัยและพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้ และโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ มาบูรณาการร่วมในพื้นที่ จึงมิได้สร้างเป็นแผนแบบเหมารวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ (lump sum model) แต่พิจารณาจากตัวชี้วัดทางกายภาพ สถานภาพด้าน

คุณค่าและความเสี่ยง ตลอดจนสถานการณ์ปัญหา เป็นปัจจัยบ่งชี้หลักที่พิจารณา เพื่อพัฒนาแนวทางการลุ่มน้ำห้วยโจ้ให้ยั่งยืนต่อไป

แนวทางอนุรักษ์และฟื้นฟูระดับลุ่มน้ำย่อยและสังคมพืช ด้วยงานวิจัยของป้าธรรมชาตินิยมสามารถดำเนินการได้โดยการป้องกันไฟป่า การปลูกเสริมตามทฤษฎีการฟื้นฟูป่าตามศาสตร์พระราชารวมทั้งการใช้หลักวิทยาศาสตร์ชุมชนและระบบวนเกษตรสร้างป่าแนวกันชนรอบพื้นที่ป่าบ้านโป่ง พร้อมกับงานวิจัยเพื่อฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่ป่าบ้านโป่งตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 9 ให้ไว้กับมหาวิทยาลัยแม่โจ้

สำหรับแผนปฏิบัติการเชิงพื้นที่เพื่อปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ และความมั่นคงของระบบนิเวศลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ตอนบน มีดังนี้

1) การจัดทำแนวเขตปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ ได้แก่ เขตปกป้องรักษาพื้นที่ป่าต้นน้ำตามสถานภาพและศักยภาพของป่า เขตฟื้นฟูเร่งด่วนเขตจัดการเพื่อใช้ประโยชน์เชิงอนุรักษ์ แนวเขตกิจกรรมนันทนาการแบบ active/passive และเขตอนุรักษ์พื้นที่ริมน้ำห้วยโจ้ได้อย่างเก็บน้ำก่อนเข้าสู่เขตชุมชน (Figure 8, 9)

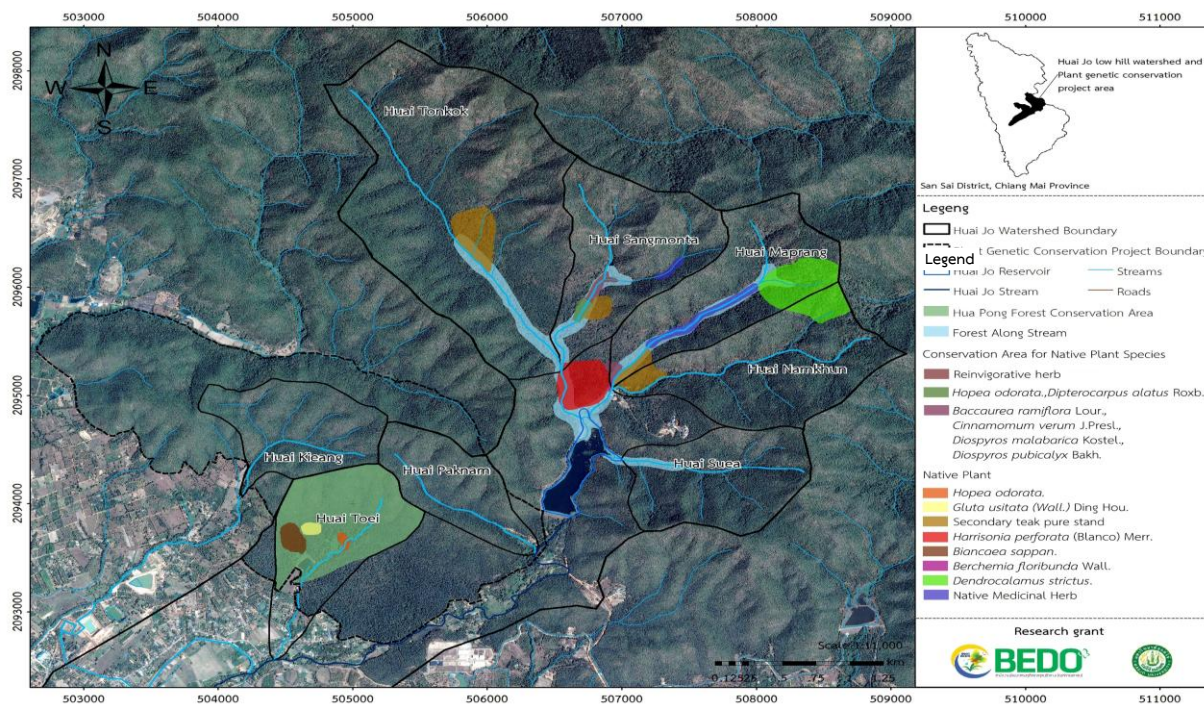


Figure 8 Conservation zone and dominant plant communities

source: Mingthipol et al. (2018)

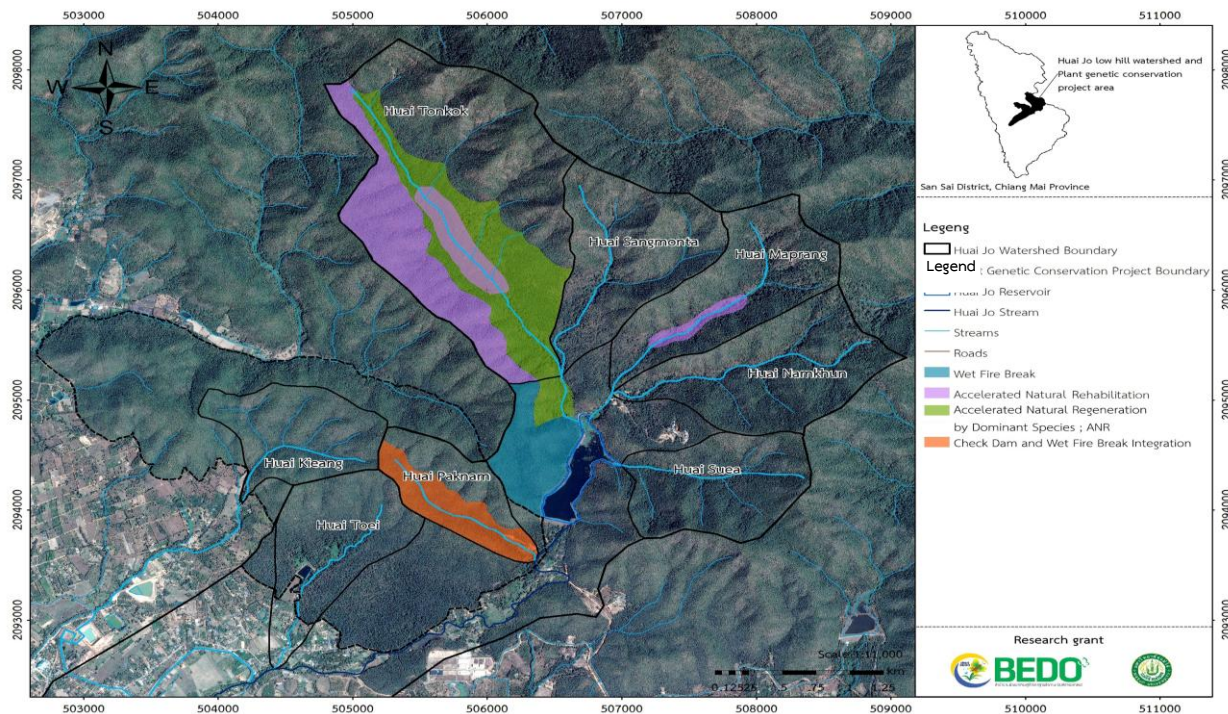


Figure 9 Conservation zone and restoration of headwater forest areas

source: Mingthipol et al. (2018)

2) แผนปกป้องรักษา อนุรักษ์และฟื้นฟู ตามสถานภาพและศักยภาพของป่า

2.1) แผนปกป้องรักษาคุ้มครองพื้นที่ป่าต้นน้ำและสังคมพืชพิเศษเพื่อรักษา

2.2) แผนการอนุรักษ์เพิ่มศักยภาพระบบนิเวศป่าต้นน้ำ ให้สามารถดูดซับน้ำ กักเก็บน้ำในฤดูฝน และปลดปล่อยน้ำในฤดูแล้งให้มีปริมาณมากขึ้น

2.3) แผนการฟื้นฟูสังคมป่าเสื่อมโทรม/ลุ่มน้ำย่อยด้วยการสร้างความชุ่มชื้นให้กับป่าเพื่อเพิ่มศักยภาพในการทดแทนของไม้หนุ่มและลูกไม้ และเพิ่มศักยภาพของป่าผลิอาหารให้มีความอุดมสมบูรณ์เพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ของคนในชุมชน

2.4) แผนการฟื้นฟูลำห้วยสายหลักที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยใจ เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและกักเก็บน้ำของพื้นที่ต้นน้ำ พื้นฟูนิเวศต้นน้ำในเรื่องการชะลอการไหลของน้ำในช่วงหน้าฝน และทำให้น้ำฝนมีโอกาสกักเก็บไว้ในดินมากขึ้น และเกิดความสามารถในการปลดปล่อยน้ำในช่วงฤดูแล้งมากขึ้น

2.5) แผนการฟื้นฟูที่ป่าชุมชน และป่ารอยต่อระหว่างพื้นที่ทำกินและป่า เพื่อให้ป่าชุมชนพื้นฟูมีประโยชน์ต่อการรักษาระบบนิเวศ พื้นฟูแหล่งน้ำ และเพิ่มความชุ่มชื้น ตลอดจนการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และการใช้ประโยชน์ด้านอาหาร

3) แผนพัฒนาศักยภาพชุมชนและกลุ่มท้องถิ่นในการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ ได้แก่ การจัดตั้งกลุ่มอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าต้นน้ำ การจัดตั้งกองทุนฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำ การฟื้นฟูระบบความเชื่อป่าหัวโปง และสร้างกลุ่มเยาวชนอาสาสมัครอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

4) พัฒนากลุ่มนักวิจัยในเครือข่ายโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) เพื่อการขับเคลื่อนขยายผลต่อในอนาคต หากทางเครือข่ายปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและลุ่มน้ำห้วยใจเห็นตามข้อพิจารณาทั้งในส่วนของการกำหนดแนวทางการพัฒนาและการนำแผนบริหารจัดการสู่แผนปฏิบัติ

เชิงพื้นที่ ที่ต้องอาศัยกลไกขับเคลื่อนที่มีศักยภาพและความรู้ความสามารถตามแนวทางดังกล่าว ควรจะจัดให้มีทีมวิชาการ (catalyst) ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเครือข่ายขึ้น โดยมีการอบรมเชิงปฏิบัติการอย่างเข้มข้น และทำการทดลองขับเคลื่อนจริงในพื้นที่

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากงานวิจัยที่มุ่งเน้นการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อสนับสนุนการปกป้องรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศในลุ่มน้ำห้วยใจ โดยใช้วิธีการวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ซึ่งเป็นจุดแข็งที่ทำให้งานวิจัยนี้ สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับภูมิปัญญาท้องถิ่น และนำไปสู่การจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า พื้นที่ป่าต้นน้ำในลุ่มน้ำห้วยใจสามารถผลิตน้ำได้ปริมาณมากและสร้างรายได้ให้กับชุมชนโดยรอบ แต่ก็เผชิญกับภัยคุกคามจากการเก็บหาของป่าที่ไม่เหมาะสม กิจกรรมนันทนาการที่ขาดการควบคุม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ระบบนิเวศอยู่ใน “ภาวะถดถอย”

ประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณาเพิ่มเติม คือ การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระยะยาว โดยเฉพาะผลกระทบจากภัยแล้งที่อาจส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของพันธุ์พืช และ ความสามารถในการผลิตน้ำของพื้นที่ป่าต้นน้ำ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เช่น การขยายตัวของชุมชน การเกษตรต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรนำมาพิจารณา ในการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในอนาคต

ข้อค้นพบที่มีส่วนต่อการนำไปออกแบบแผนพัฒนางานวิจัยด้านการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพที่เอื้อประโยชน์ ตรงตามบริบท

ของฐานทรัพยากรธรรมชาติ เศรษฐกิจ สังคม และการบริหารจัดการของท้องถิ่น ดังนี้

1. การประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดและวิธีประเมิน ควรพิจารณาปัจจัยทางธรรมชาติ และสถานการณ์การใช้ประโยชน์และบริหารจัดการพื้นที่ ด้วยการเรียงลำดับความสำคัญของตัวชี้วัด การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักตามลำดับความสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้ผลการประเมินสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ ขณะเดียวกันตัวชี้วัดและวิธีประเมิน สามารถใช้ร่วมกับข้อมูลภูมิสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยการกำหนดพื้นที่ประเมินเป็นลุ่มน้ำย่อยและระดับสังคมพืช เพื่อให้ผลการประเมินมีความละเอียดและชัดเจนยิ่งขึ้นในพื้นที่

2. วิธีการวิจัย ด้วยจุดเน้นที่กระบวนการเรียนรู้มากกว่าระเบียบวิธีวิจัยที่เป็นวิทยาศาสตร์ มีกฎเกณฑ์ตายตัว แต่ผู้วิจัยควรปรับวิธีการวิจัยให้เข้ากับปัญหา (adaptive methodology) เช่น ใช้วิธีการ PAR (Participatory Action Research) การร่วมวิเคราะห์ปัญหา หาทางแก้ไขร่วมกับชุมชน กลุ่มท้องถิ่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีบางอย่างต้องปรับให้เข้ากับภูมิปัญญาและการรับรู้ของชาวบ้าน เป็นต้น ส่วนการวิจัยระดับสูงใช้เทคนิควิธีการระดับสูงจะถูกนำมาใช้ในกรณีที่เกิดความต้องการร่วมกันว่าต้องการความรู้ที่เฉพาะด้านที่ลึกซึ้งมากขึ้น

3. การวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลที่เห็นภาพของสถานการณ์ปัญหาแบบเชื่อมโยง ก่อให้เกิดผลกับผู้มีส่วนได้เสียที่ตรงใจ ตรงประเด็น ตรงข้อเท็จจริง ไม่มีความรู้สึก subjectivity นำไปสู่การชี้เป้าการจัดการ แต่ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นนั้น จะเป็นเรื่องของ การนำเอาข้อมูลมาชี้ให้เห็นสถานการณ์ปัญหานั้น มีบางข้อมูลที่จำเป็นอยู่บางตัวแต่ไม่ได้อยู่ในฐานข้อมูล เช่น ข้อมูลที่เกี่ยวกับการทำมาหากิน ฯลฯ เพราะฉะนั้น ถึงแม้จะมีการวิเคราะห์แบบเชื่อมโยงตามที่ยกตัวอย่างมาแล้ว แต่การลงลึกในขั้นตอนนี้ไม่สามารถจะทำให้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และระบบนิเวศในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญเชิงนิเวศของพื้นที่ดังกล่าวในหลายมิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฐานะแหล่งต้นน้ำสำคัญของลุ่มน้ำ ซึ่งมีบทบาทในการผลิตน้ำท่าเพื่อหล่อเลี้ยงระบบนิเวศและวิถีชีวิตของชุมชน โดยพบว่าห้วยต้นกอก ซึ่งเป็นหนึ่งในลำห้วยสายหลักในพื้นที่ มีศักยภาพในการผลิตน้ำท่าสูงถึง 1.81 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี พื้นที่ดังกล่าวยังเป็นแหล่งรายได้ของชุมชนจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติ เช่น การท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ และการเก็บหาของป่า โดยสามารถสร้างรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนสูงถึง 9,567.56 บาทต่อปี นอกจากนี้ ลุ่มน้ำห้วยโจ้ยังเป็นแหล่งศึกษาวิจัยด้านทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ โดยมีโครงการวิจัยที่ดำเนินงานภายใต้พระราชดำริของสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้าฯ กว่า 42 โครงการ ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของพื้นที่ทั้งในด้านนิเวศ บริการระบบนิเวศ และมิติทางสังคมและเศรษฐกิจ

อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ร่วมกับดัชนีด้านภูมิอากาศ ชีวภาพ และการใช้ประโยชน์พื้นที่ พบว่าระบบนิเวศของลุ่มน้ำห้วยโจ้กำลังเผชิญภาวะถดถอย (regression stage) อย่างมีนัยสำคัญ ปัจจัยเสื่อมโทรมที่ตรวจพบ ได้แก่ แนวโน้มการลดลงของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2558 ที่มีปริมาณฝนเพียง 743.4 มิลลิเมตร ส่งผลให้เกิดภาวะฝนแล้งรุนแรง และแหล่งน้ำแห้งขอดในฤดูแล้ง การฟื้นตัวของพืชพรรณก็เป็นไปอย่างจำกัด โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าเต็งรังแคระและป่ารุ่นสองที่มีอัตราการรอดของกล้าไม้ไม่น้อยมาจากผลกระทบของไฟป่าที่เกิดขึ้นซ้ำซาก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเชื่อของชุมชนในเรื่องการเผาป่าเพื่อกระตุ้นการเกิดเห็ดเผาะ

นอกจากนี้ พื้นที่ซึ่งเผชิญกับปัญหาการชะล้างหน้าดิน ในอัตราสูง เฉลี่ย 354.06 ตันต่อปี โดยเฉพาะในพื้นที่ลาดชันที่มีดินลูกรังซึ่งมีความสามารถในการกักเก็บน้ำ และความชื้นต่ำ ส่งผลให้โครงสร้างของดินเสื่อมโทรม ความอุดมสมบูรณ์ลดลง และกระทบต่อพืชขนาดเล็ก ซึ่งเป็นฐานของห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ ปัจจัยอีกประการที่เร่งให้ระบบนิเวศเสื่อมโทรม คือ กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเก็บหาของป่าอย่างเข้มข้นในช่วงฟื้นตัวของป่า และกิจกรรมนันทนาการที่ไม่เหมาะสมในเขตป่าต้นน้ำ เช่น การขับรถจักรยานยนต์วิบาก ซี่ม้า หรือขี่จักรยานเสือภูเขา ซึ่งส่งผลให้เกิดการกัดเซาะหน้าดินและลดทอนความสามารถของพื้นที่ในการให้บริการเชิงนิเวศ เช่น การผลิตน้ำ รักษาความชุ่มชื้น และดูดซับคาร์บอน

จากการสังเคราะห์ข้อมูลระดับลุ่มน้ำร่วมกับการสำรวจโครงสร้างพืช สถานภาพป่า และคุณค่าทางเศรษฐกิจสังคมของพื้นที่ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำ โดยเฉพาะในระดับลุ่มน้ำย่อยและสังคมพืชบางประเภท อยู่ในภาวะ "ระดับเตือนภัย" (warning level) ทั้งในด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ความสามารถในการฟื้นฟูตามธรรมชาติ และความยั่งยืนของการใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้น การฟื้นฟูและจัดการลุ่มน้ำ หัวใจจึงจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนในลักษณะบูรณาการ โดยต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐ เอกชน ชุมชน และสถาบันการศึกษา เพื่อวางแผนการใช้ที่ดิน การบังคับใช้กฎหมาย และการฟื้นฟูเชิงนิเวศตามหลักทฤษฎีวิวัฒนาการอย่างมีประสิทธิภาพ และยั่งยืน

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนการจัดการลุ่มน้ำแบบบูรณาการ โดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายมิติ ได้แก่ (1) การประเมินสถานภาพ ศักยภาพ และข้อจำกัดของพื้นที่ เช่น การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพ และความเสี่ยงต่อภัยธรรมชาติ (2) การวางแผนการใช้ประโยชน์พื้นที่ การอนุรักษ์และฟื้นฟู เช่น การกำหนดโซนพื้นที่เสี่ยง การออกแบบเขตอนุรักษ์ และการ

จัดการพื้นที่เสื่อมโทรม (3) การติดตามและประเมินผล เช่น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่า คุณภาพน้ำ และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และ (4) การสื่อสารข้อมูลและสร้างการมีส่วนร่วม ผ่านการผลิตแผนที่ โมเดลภูมิประเทศ และสื่อสารสนเทศต่าง ๆ ที่เข้าถึงได้ง่าย ซึ่งจะช่วยยกระดับความเข้าใจของชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการร่วมกันดูแลทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนในระยะยาว

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระยะยาว โดยเฉพาะผลกระทบจากภัยแล้งต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์พืชและความสามารถในการผลิตน้ำของพื้นที่ป่าต้นน้ำ
2. ควรศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เช่น การขยายตัวของชุมชนและการเกษตรต่อความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในอนาคต
3. การประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดและวิธีประเมิน เพื่อศึกษาสถานภาพของทรัพยากร ควรมีการพิจารณาเลือกตัวชี้วัดทั้งปัจจัยทางธรรมชาติ สถานการณ์การใช้ประโยชน์ และการบริหารจัดการพื้นที่ และต้องมีการเรียงลำดับความสำคัญและกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก เพื่อให้ผลการประเมินสอดคล้องกับสถานการณ์จริง และควรใช้ตัวชี้วัดและวิธีประเมินร่วมกับข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยกำหนดพื้นที่ประเมินเป็นลุ่มน้ำย่อยและระดับสังคมพืช เพื่อให้ผลการประเมินมีความละเอียดและชัดเจนยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานประสานงานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานความหลากหลายทางชีวภาพ และดำเนินการเสร็จสิ้นในปี พ.ศ. 2561

เอกสารอ้างอิง

- Maejo University Farm Office. n.d. **Ban Pong Development Project under the Royal Initiative, Maejo University.** Retrieved from https://royal.mju.ac.th/government/25660621094007_royalmju/Doc_25670118112459_100104.pdf [in Thai]
- Mingthipol, O., U. Thammaphanya and S. Hongwittayakorn. 2018. **Development of a Geographic Information Database to Support the Conservation of Biodiversity and the Ecosystem of the Huai Cho Foothills Basin.** Bangkok: Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University. 153 p. [in Thai]
- Office of Bioeconomy Development. 2018. **Local Biodiversity Management Manual.** Bangkok: Suesa Tawan Publishing House. 135 p. [in Thai]
- Office of the Special Committee for Coordination of Royal Initiative Projects. 1993. **Theory of Forest Restoration Development under Royal Initiatives.** Retrieved from <https://www.rdpb.go.th/th/home> [in Thai]
- Schwarz, N., M. Moretti, M. Bugalho, Z. Davies, D. Haase, J. Hack, A. Hof, Y. Melero, T. Pett and S. Knapp. 2017. Understanding biodiversity-ecosystem service relationships in urban areas: a comprehensive literature review. **Ecosystem Services** 27: 161–171.
- Upper Northern Irrigation Hydrological Center. 2024. **Rainfall conditions.** Retrieved from <https://hydro-1.net/> [in Thai]
- Weiskopf, S., B. Myers, M. Arce-Plata, J. Blanchard, S. Ferrier, E. Fulton, M. Harfoot, F. Isbell, J. Johnson, A. Mori, E. Weng, Z. Harmáčková, M. Londoño-Murcia, B. Miller, L. Pereira and I. Rosa. 2022. A conceptual framework to integrate biodiversity, ecosystem function, and ecosystem service models. **Bioscience** 72: 1062–1073.

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสาร
โดยเทคนิคไมโครเวฟในดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้ง

Comparative Study of the Amount of Bioactive Compounds and Optimum
Conditions for Their Extraction Using the Microwave Technique
in *Dendrobium lindleyi* Steud

จุฑามาศ พิลาดี^{1,*}, นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์², วัชรภรณ์ สุขชี³, จีระนันท์ ตาคำ³, บุญตัน สุเทพ³
และสุรีย์ชล วงศ์ประสิทธิ์³

Jutamas Piladee^{1,*}, Narin Taokaenchan², Watcharaporn Sukkhee³, Geeranan Takam³
Boontan Suthep³ and Sureechon Wongparsit³

¹สาขาพืชสวนประดับ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³กิจการพิเศษ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Medicinal Plant Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³Special Affairs Department, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jibby600@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0009-5845-2863>

Received: December 24, 2024

Revised: June 06, 2025

Accepted: July 18, 2025

Abstract

This study aims to compare the amount of bioactive compounds and determine the optimal extraction conditions using microwave-assisted extraction in the flower of *Dendrobium Lindleyi* Steud. Comparative tests were conducted on the amounts of substances extracted from the stem, leaf, flower, and root parts using the microwave technique. The obtained extracts were analyzed for total phenolic content using the Folin–Ciocalteu method, total flavonoid content using the aluminum chloride colorimetric method, antioxidant activity via the DPPH radical scavenging assay, and tyrosinase inhibition activity using the modified dopachrome method. Results indicated that the flower contained the highest amount of flavonoids at 32.53 ± 0.76 mg QE g⁻¹ DW. Therefore, further experiments were conducted to optimize the microwave extraction conditions by varying several factors, including microwave power, extraction time, ethanol-to-water ratio, and number of extraction cycles. The optimal conditions were found to be 600 watts of microwave power, 270 seconds of extraction time, an ethanol-to-water ratio of 100:0, and one extraction cycle. This study demonstrates that the flower of *D. lindleyi* Steud. contains bioactive compounds with potential for use in medicinal or skincare products. Moreover, understanding

the appropriate microwave extraction conditions provided a guideline for researchers, students, and interested individuals.

Keywords: *Dendrobium lindleyi* Steud, bioactive compounds, flavonoid

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารโดยเทคนิคไมโครเวฟในดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้ง ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณสารจากชิ้นส่วนลำต้น ใบ ดอก และราก โดยนำส่วนต่าง ๆ เหล่านี้มาทำการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมด้วยวิธี Folin-ciocalteu สารประกอบฟลาโวนอยด์ รวมด้วยวิธีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธีการยับยั้งด้วย 2, 2-Dyphenyl-1-picrylhydrazyl (DDPH) และฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยวิธี Modified dopachrome พบว่าส่วนดอกมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด ที่ปริมาณ 32.53 ± 0.76 mg QE g⁻¹ DW ทดสอบสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารโดยเทคนิคไมโครเวฟ ด้วยปัจจัยที่แตกต่างกัน คือ กำลังไฟที่ใช้ในการสกัด ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด อัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำ รวมทั้งจำนวนครั้งในการสกัด พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในสกัดที่เหมาะสม คือ 600 วัตต์ ระยะเวลาในการสกัด คือ 270 วินาที อัตราส่วน (ethanol : water) คือ 100:0 และใช้จำนวน 1 ครั้งในการสกัดให้ผลดีที่สุด การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้งมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่สามารถนำไปเป็นส่วนผสมของยาหรือผลิตภัณฑ์บำรุงผิว และทราบวิธีการสกัดสารโดยเทคนิคไมโครเวฟที่เหมาะสม สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยให้แก่นักวิจัย นักศึกษา และผู้ที่สนใจทั่วไปนำไปต่อยอดงานวิจัยในอนาคตได้

คำสำคัญ: กล้วยไม้เอื้องผึ้ง สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สารฟลาโวนอยด์

บทนำ

กล้วยไม้เอื้องผึ้ง (*Dendrobium lindleyi* Steud) เป็นกล้วยไม้อิงอาศัย ลำต้นป้อมสั้นรูปไข่ถึงรูปวงรี มักจะแบนเล็กน้อยขนาด 5–12 ซม. กว้าง 1.5–2.5 ซม. มีสันและร่องตามยาว ผิวแห้ง สีเขียวเข้ม ขึ้นเป็นกระดุกแน่น แต่ละต้นมี 1 ใบที่ยอด ใบรูปรี ขนาด 6–12 x 2–2.5 ซม. แผ่นใบหนาและเหนียว สีเขียวเข้ม ปลายใบแหลมมน หรือเว้าหยักเว้าตื้นๆ ดอกออกเป็นช่อใกล้ปลายยอด ดอกขนาด 2–2.5 ซม. สีเหลืองอมเขียว กลีบเลี้ยงรูปไข่ถึงรูปหอก กลีบดอกรูปกว้าง กลีบปากเกือบกลม ปลายกลีบหยักเว้า กลางกลีบสีเหลืองเข้มถึงส้ม ระยะเวลาการบานของดอกประมาณหนึ่งสัปดาห์ มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ระยะเวลาออกดอก เดือนกุมภาพันธ์-เมษายน ทั้งนี้ประชาชนส่วนหนึ่งเริ่มกลับมาใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร รวมถึงเครื่องสำอางที่ทำจากสารประกอบจากธรรมชาติ เพื่อหลีกเลี่ยงสารเคมี โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีต้องเป็นสารที่มีผลจำเพาะเจาะจง และสารนั้นจะต้องไม่มีผลในทางลบต่อร่างกาย หรือมีผลข้างเคียงน้อย ซึ่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีหลายชนิด เช่น สารกลุ่มฟีนอล (polyphenol) ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และแอนโทไซยานิน (Obsuwan *et al.*, 2019)

สารประกอบฟีนอลิก เป็นกลุ่มสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบป้องกันความเสียหายที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลต และป้องกันการสร้างสารก่อมะเร็ง สารกลุ่มนี้ถูกจำแนกตามโครงสร้างทางเคมีออกเป็นกลุ่มย่อยหลายกลุ่ม ซึ่งสารในกลุ่มฟีนอลิกเป็นหนึ่งในกลุ่มย่อยเหล่านี้ที่มีการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และพบมากในพืช เช่น เมล็ด ผล ใบ ดอก ได้แก่ กล้วยไม้ และส่วนอื่น ๆ โดยสามารถพบสารได้ในเกือบทุกส่วนของพืช แต่จะมีความแตกต่างกันในด้าน

ของชนิดและปริมาณซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหาร ยา และเครื่องสำอางอย่างแพร่หลาย (Watcharakupt *et al.*, 2007)

ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) พบได้ทุกส่วนของพืช เป็นสารมีสีทำให้ดอกไม้ไม่มีสีสันสวยงาม มีโครงสร้างหลัก ได้แก่ ฟีนิลเบนซิล-แกมมา-ไพโรน (C6-C3-C6) คุณสมบัติของฟลาโวนอยด์ คือ เป็นสารโพลีฟีนอล (Polyphenolic compound) ส่วนใหญ่เป็น o glycoside พบเป็น c glycoside บ้าง และน้ำตาลมักจับตำแหน่ง 3, 5 หรือ 7 ของ Aglycone ฟลาโวนอยด์มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลายอย่าง เช่น ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ต้านการเกิดมะเร็ง (anticancer) ยับยั้งการแบ่งตัวและเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง (antiproliferation) ต้านการอักเสบ (antiinflammation) เป็นต้น สารสำคัญกลุ่มนี้ได้แก่ Hesperidin และ Rutin ซึ่งมีฤทธิ์ทำให้ผนังเส้นเลือดฝอยแข็งแรง ไม่เปราะ ใช้รักษาโรคหลอดเลือดหัวใจและในธรรมชาติจะพบฟลาโวนอยด์ทั้งในรูปอิสระและในรูปไกลโคไซด์ สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่อยู่ในรูปไกลโคไซด์ อาจเรียกว่า ฟลาโวนอยด์ ไกลโคไซด์ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่อมนุษย์และสัตว์แตกต่างกันมากมาย เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านไวรัส ตัวอย่างเช่น Quercetin และ Catechin (Obsuwan *et al.*, 2019)

การสกัดด้วยไมโครเวฟ (MWA) มีรายงานวิจัยของ Suedee (2017) ในการใช้คลื่นไมโครเวฟสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร การศึกษาของค์ประกอบจากสารสกัดของพืชสมุนไพร ในปัจจุบันการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเป็นวิธีที่นิยม เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความสะดวก รวดเร็ว ลดระยะเวลาของการสกัดและสามารถลดปริมาณตัวทำละลายและสัดส่วนของตัวทำละลาย การสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟนี้มีปัจจัยหรือสภาวะที่เหมาะสมที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดสารสำคัญ ดังนี้ ระบบตัวทำละลายและสัดส่วนของตัวทำละลายต่อผงสมุนไพร กำลังของคลื่นไมโครเวฟ อุณหภูมิ ระยะเวลาการสกัด และรอบในการสกัด วิธีนี้อาจเรียกได้ว่าเป็นวิธีการซึ่งส่วนมากจะใช้น้ำหรือแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายในการสกัด

ร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิและสภาวะความดันที่ใช้ให้เหมาะสม ดังนั้น วิธีการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือก และ Sopittummakhun and Rattanasinganchan (2017) ศึกษาการสกัดและวิธีวัดความสามารถการต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร กล่าวว่าการแช่ในตัวทำละลายเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดในการสกัดสารจากพืชสมุนไพร และยังเป็นวิธีที่ใช้กับการสกัดสารจากทุกส่วนของพืช ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และเฮกเซน ซึ่งทำให้สารที่ถูกสกัดออกมาในชั้นของตัวทำละลายแต่ละชนิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขั้วของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด งานวิจัยนี้มีความสำคัญในเชิงวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นการศึกษาการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้งโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากช่วยลดเวลาและต้นทุนในการสกัด และการศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมและเครื่องสำอางต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมชิ้นส่วนตัวอย่างของกล้วยไม้เอื้องผึ้งจากต้นที่ปลูกเลี้ยง ในโรงเรือนของโครงการกล้วยไม้ไทยสู่ไพรพฤกษ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อายุประมาณ 5 ปี โดยชิ้นส่วนที่นำมาทำการศึกษาประกอบด้วย ใบ ลำต้น ราก และดอก โดยนำไปล้างน้ำให้สะอาดและผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำใส่ตู้อบลมร้อน ใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-15 ชั่วโมง

เปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยเทคนิคไมโครเวฟของกล้วยไม้เอื้องผึ้ง ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณสารจากชิ้นส่วนลำต้น ใบ ดอก และราก โดยนำส่วนต่าง ๆ มาทำการสกัดด้วยคลื่น

ไมโครเวฟ หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลด้วยวิธี Folin-ciocalteu's reagent สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม โดยการทำให้ปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมคลอไรด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธีการยับยั้งด้วย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (ดีพีพีเอช) และฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยสารละลาย Tyrosinase จากนั้นทำการคัดเลือกชิ้นส่วนที่มีสารสำคัญสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากที่สุด นำมาทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญ โดยเทคนิคไมโครเวฟซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยที่แตกต่างกัน คือ กำลังไฟที่ใช้ในการสกัด ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด อัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำ รวมทั้งจำนวนครั้งในการสกัด

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Chang *et al.* (2006) โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์ซีติน ใน DMSO 0.01–0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารมาตรฐานที่เตรียมได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นมาสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน และวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ในสารสกัดกล้วยไม้ ปิเปตตัวอย่างจากสารสกัดมา 100 ไมโครลิตร และเติม DMSO ปริมาตร 1,900 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำสารละลายตัวอย่างจากสารสกัดที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานเคอร์ซีติน รายงานปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลเคอร์ซีตินต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง (mg QE g⁻¹ DW)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Ueda *et al.* (2019) โดยเตรียมสารละลายกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก 0.003–

0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นมาอย่างละ 300 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu's ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำสารมาตรฐานที่เตรียมได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น มาสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน และวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดดอกกล้วยไม้ ปิเปตตัวอย่างจากสารสกัดมา 100 ไมโครลิตร และเติม DMSO ปริมาตร 1,900 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำสารตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง (mg GAE g⁻¹ DW)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging)

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Singh *et al.* (2002) โดยปิเปตสารตัวอย่างจากสารสกัดมา 30 ไมโครลิตร และเติม DMSO ให้ได้ครบปริมาตร 2 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างดังกล่าวลงมาอีก 3 ความเข้มข้น โดยวิธีการเจือจางแบบ two-fold dilution ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้มา 0.1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลอง และเติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน สำหรับสารละลายควบคุมใช้ DMSO ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลอง และเติมสารละลาย DPPH เช่นเดียวกันกับสารละลายตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่างมาคำนวณร้อยละ

การยับยั้ง ดังสมการ หลังจากนั้นคำนวณการยับยั้งที่ได้ ไปคำนวณหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่าสาร Trolox ต่อตัวอย่างพืชแห้ง 1 กรัม (mg Trolox equivalent (TEAC)/ g dry basis) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน Trolox

$$\% \text{ DPPH radical scavenging activity} = \left(\frac{A_{\text{ctrl}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{ctrl}}} \right) \times 100$$

เมื่อ

A_{ctrl} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรเนส

การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรเนส ประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Mapoung *et al.* (2021) โดยปีเปตสารละลายสกัดตัวอย่างพืชในช่วงความเข้มข้น 80–3000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับ เอนไซม์ Tyrosinase (Sigma-Aldrich, USA) ความเข้มข้น 200 U mL^{-1} ใน 0.1 M Sodium phosphate buffer (pH 6.4) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นเติม 2 mM L-DOPA (Sigma-Aldrich, USA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำสารละลายตัวอย่างที่ได้วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตรทันที และเริ่มวัดค่าดูดกลืนแสงทุก ๆ 1.5 นาที จนครบ 15 นาที (0–15 นาที) โดยใช้ชุดควบคุมเป็น ethanol แทนสารสกัดจากพืช จากนั้นนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซินเนสจากสมการ

$$\text{Tyrosinase inhibition (\%)} = \frac{[(A-B)]}{A} \times 100$$

เมื่อ

A = Slope of vehicle control (ethanol) at 490 nm

B = Slope of sample at 490 nm

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัดกับ %inhibition เพื่อคำนวณค่าความ

เข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซินเนสได้ 50% (IC_{50})

การศึกษาหาพลังงานไฟและระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสม

ทำการศึกษาที่พลังงานไฟของเครื่องไมโครเวฟที่แตกต่างกัน ได้แก่ 100, 200, 300, 450, 600, 700 และ 800 วัตต์ ตามลำดับ โดยใช้ความเข้มข้นของเอทานอลคงที่ 100% และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดคงที่ 210 วินาที สัดส่วนของตัวอย่างต่อสารละลายเอทานอล 1:30 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งตัวอย่าง 1 กรัม จากนั้นเติมสารละลายเอทานอล 30 มิลลิลิตร และนำไปสกัดด้วยเครื่องไมโครเวฟที่พลังงานไฟต่างกัน จนครบตามเวลาที่กำหนด กรองสารละลายตัวอย่างที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และระเหยสารละลายตัวอย่างจนแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator ละลายและปรับปริมาตรสารสกัดหยาบด้วย DMSO 5 มิลลิลิตร สารละลายตัวอย่างจากสารสกัดที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานเคอร์ซีติน รายงานปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลเคอร์ซีตินต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง ($\text{mg QE g}^{-1} \text{DW}$) จากนั้นทำการเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดจากพลังงานไฟที่ต่างกัน และทำการคัดเลือกพลังงานไฟที่ทำให้สามารถสกัดปริมาณสารฟลาโวนอยด์ได้ในปริมาณที่สูงที่สุด

จากนั้นทำการศึกษาระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสม ใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน ได้แก่ 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 และ 300 วินาที โดยทำการสกัดตามขั้นตอนข้างต้นที่กล่าวไว้ ใช้พลังงานไฟที่ทำให้สามารถสกัดปริมาณสารฟลาโวนอยด์ได้ในปริมาณสูงที่สุดจากการศึกษาข้างต้น และทำการเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดจากระยะเวลาที่แตกต่างกัน ทำการคัดเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการทดลองต่อไป

อัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำและจำนวนครั้งในการสกัดที่เหมาะสม

ทำการศึกษาความเข้มข้นของเอทานอลต่อน้ำที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0:100, 10:90, 20:80, 40:60, 60:40, 80:20 และ 100:0 ตามลำดับ และทำตามขั้นตอนการสกัดข้างต้นที่กล่าวไว้ โดยใช้กำลังไฟและเวลาที่ดีที่สุดของการทดลอง สกัดส่วนของดอกกล้วยไม้ต่อสารละลายเอทานอล 1:30 กรัมต่อมิลลิลิตร นำสารตัวอย่างที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ และทำการเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากความเข้มข้นของเอทานอลต่อน้ำที่แตกต่างกัน และทำการคัดเลือกความเข้มข้นของเอทานอลต่อน้ำที่เหมาะสมที่ทำให้สามารถสกัดปริมาณสารฟลาโวนอยด์ได้ในปริมาณสูงสุด จากนั้นศึกษาจำนวนครั้งที่สกัดที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ครั้ง โดยทำตามขั้นตอนการสกัดโดยใช้กำลังไฟ เวลาสกัด และความเข้มข้นเอทานอลต่อน้ำที่ดีที่สุดของการทดลอง และนำสารตัวอย่างที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ทำการเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดจากจำนวนครั้งที่แตกต่างกัน และทำการคัดเลือกจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัดที่เหมาะสม ที่ทำให้สามารถสกัดปริมาณสารฟลาโวนอยด์ได้ในปริมาณสูงสุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเบื้องต้น พบว่าชิ้นส่วนดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้งมีปริมาณสาร ฟลาโวนอยด์มากที่สุดที่ ปริมาณ

32.53±0.76 mg QE g⁻¹ DW โดยชิ้นส่วนลำต้นมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์น้อยที่สุดที่ปริมาณ 0.36±0.17 mg QE g⁻¹ DW ผลวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก พบว่าส่วนดอกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดที่ปริมาณ 9.04±0.22 mg QE g⁻¹ DW และชิ้นส่วนลำต้นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยที่สุด 1.83±0.01 mg QE g⁻¹ DW ผลวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอส พบว่าส่วนดอกมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด 16.08±0.09 mg Trolox g⁻¹ DW และ 6.34±0.16 mg Trolox g⁻¹ DW ผลวิเคราะห์ฤทธิ์ต้าน Antityrosinase พบว่าส่วนดอกมีฤทธิ์ต้าน Antityrosinase มากที่สุด >39 mg mL⁻¹ Antityrosinase น้อยที่สุด >6.67 mg mL⁻¹ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Taokaenchan *et al.* (2021) รายงานว่านำดอกกล้วยไม้สกุลหวาย (เอื้องผึ้ง เอื้องมะลิ และเอื้องสายไหม) จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม ผลการทดลองพบว่าดอกกล้วยไม้ เอื้องผึ้ง เอื้องสายไหม และเอื้องมะลิ ตรวจพบปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ดอกกล้วยไม้ ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ ดอกเอื้องผึ้ง เอื้องมะลิ และเอื้องสายไหม (137.68, 48.61 และ 42.02 มิลลิกรัมสมมูลเคอร์ซีตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 กรัม ตามลำดับ)

Phunsawan (2013) กล่าวถึงการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอส (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) เป็นวิธีการตรวจวัดอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และรวดเร็ว โดยวิธีการตรวจวัดดังกล่าวรายงานค่าเป็น IC50 ที่แสดงถึงความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยทำให้ความเข้มข้นของอนุมูล DPPH ลดลงร้อยละ 50 จากผลการทดลองที่ได้พบว่าดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้งมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC50) ดีที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยดอกกล้วยไม้

เอื้องผึ้งมีสีเหลือง และสีเข้มกว่าดอกเอื้องมะลิและเอื้องสายไหม โดยสารสีหรือรงควัตถุ (pigment) มีสีเหลือง ส้ม และส้มแดง ที่พบในพืชและดอกไม้ เป็นสารกลุ่มที่มี

คุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สอดคล้องกับงานของ Nguyen *et al.* (2018); Siriwattanamethanon (2020)

Table 1 Comparison of biologically active substances in different parts of *Dendrobium lindleyi* Steud.

Sample	Flavonoids (mg QE g ⁻¹ DW)	Phenolic compounds (mg GAE g ⁻¹ DW)	DPPH (mg Trolox g ⁻¹ DW)	Antityrosinase, IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)
Flower	32.53±0.76a	9.04±0.22a	16.08±0.09a	>39
Leaf	10.31±0.57b	4.12±0.08b	8.30±0.18b	>14
Stem	0.36±0.17d	1.83±0.01d	6.34±0.16c	>6.67
Root	6.69±0.4c4	3.30±0.09c	6.61±0.33c	>6.67

Different letters in column are different significantly (P<0.05).

ผลการทดลองข้างต้นพบว่า มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุดที่สกัดได้จากส่วนดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้ง จากนั้นนำดอกเอื้องผึ้งมาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยเทคนิคไมโครเวฟ โดยศึกษา กำลังไฟฟ้าและระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสม เมื่อนำมาสกัดด้วยกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันมีค่าอยู่ในช่วง 13–28 mg QE g⁻¹ DW โดยเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จาก 100 วัตต์ ถึง 600 วัตต์ ปริมาณสารฟลาโวนอยด์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตาม และเมื่อใช้กำลังไฟเพิ่มขึ้นปริมาณสารฟลาโวนอยด์จะมีค่าลดลง ดังนั้นกำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ สามารถทำการสกัดสารฟลาโวนอยด์ได้มากที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 27.53±0.73 mg QE g⁻¹ DW (Figure 1A) และเมื่อนำไปทดสอบระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดคือ 270 วินาที พบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 47.61±4.36 mg QE g⁻¹ DW (Figure 1B)

เช่นเดียวกับรายงานของ Thanaphat (2016) กล่าวว่า กำลังของไมโครเวฟและอุณหภูมิจะแปรผันตามกัน กำลังไมโครเวฟที่สูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ผลผลิตจากการสกัดเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งคงที่และลดลงในที่สุด และ Yan *et al.* (2010) รายงานว่าการเพิ่มอุณหภูมิ 50°C เป็น 70°C สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิต astragalosides และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 70°C ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและลดลงในที่สุด อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ระบบการสกัดมีความหนืดและแรงตึงผิวลดลง ทำให้ตัวทำละลายสามารถละลายสารได้ดีขึ้น ดังนั้นการเพิ่มกำลังไมโครเวฟจะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตจากการสกัดและลดระยะเวลาการสกัดได้ แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มกำลังไมโครเวฟอาจทำให้สูญเสียสารสำคัญบางชนิดได้

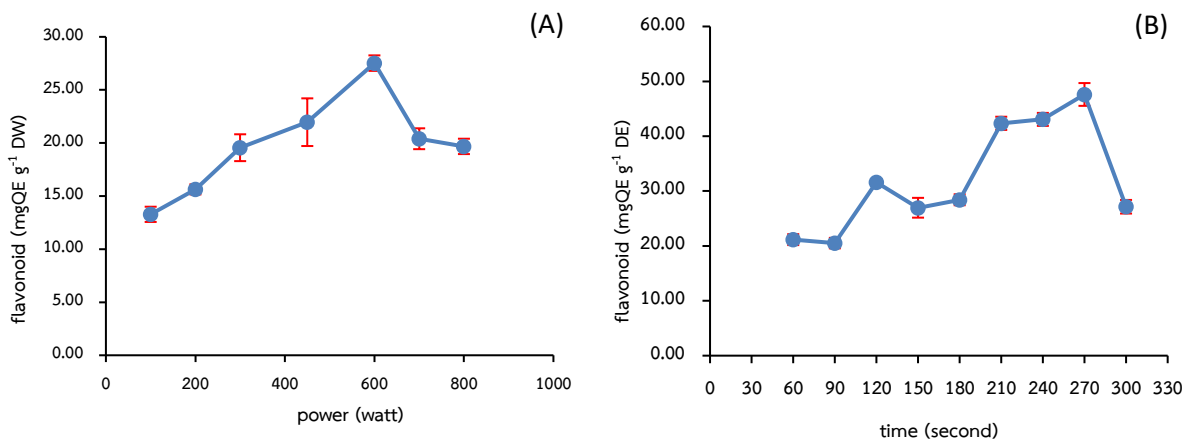


Figure 1 Extraction of bioactive compounds by microwave technique; power (watt) (A) and time (second) (B)

ทำการศึกษาค่าความเข้มข้นของเอทานอลต่อน้ำที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0:100, 10:90, 20:80, 40:60, 60:40, 80:20 และ 100:0 จากผลการทดลองพบว่าสารฟลาโวนอยด์จากดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้งที่ได้จากการสกัดจากความเข้มข้นของเอทานอลต่อน้ำแตกต่างกัน พบว่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีค่าอยู่ในช่วง 21–38 mg QE g⁻¹ DW โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ทำการสกัดก็มีค่าเพิ่มขึ้นตาม ผลการทดลองที่ได้พบว่าเมื่อใช้เอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำการสกัดสารฟลาโวนอยด์ได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 38.33±2.83 mg QE g⁻¹ DW (Figure 2A) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้เอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์ในการสกัดสารสำคัญดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้ง เนื่องจากทำให้มีประสิทธิภาพในการสกัดสารสำคัญได้ออกมาในปริมาณมากที่สุด และทำการศึกษากำหนดจำนวนครั้งที่สกัดที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า สารฟลาโวนอยด์จากดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้งที่ได้จากการสกัดจากจำนวนครั้งที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีค่าอยู่ในช่วง 15–39 mg QE g⁻¹ DW เมื่อจำนวนครั้งในการสกัดเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ทำการสกัดมีค่าลดลง จากผลการทดลอง

ที่ได้พบว่า เมื่อสกัดเพียง 1 ครั้ง สามารถทำการสกัดสารฟลาโวนอยด์ได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 39.13±2.22 mg QE g⁻¹ DW (Figure 2B) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงสกัดสารสำคัญในดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้งเพียง 1 ครั้ง เนื่องจากทำให้มีประสิทธิภาพในการสกัดสารสำคัญได้ปริมาณมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อเพิ่มจำนวนครั้งในการสกัดมากขึ้นส่งผลทำให้เกิดความร้อนที่สูงขึ้น ทำให้สารกลุ่มฟลาโวนอยด์เกิดการสลายตัวไป จึงทำให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Taokaenchan *et al.* (2022) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดที่แตกต่างกันต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในกระชายดำ รายงานว่าเมื่อทำการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟด้วยสารละลายเอทานอลต่ออัตราส่วน 100:0 สามารถสกัดสารฟลาโวนอยด์สูงสุดเท่ากับ 93.43±9.78 mg QE g⁻¹ DW อัตราส่วนนี้มีประสิทธิภาพในการสกัดสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้ดี และ Sopittummakhun and Rattanasinganchan (2017) ได้ศึกษาการสกัดและวิวิธความสามารถต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพรกล่าวว่าการแช่ในตัวทำละลายเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดในการสกัดสารจากพืชสมุนไพร และยังเป็นวิธีที่ใช้กับการสกัดสาร

จากทุกส่วนของพืช ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และ เฮกเซน ซึ่งทำให้สารที่ถูกสกัดออกมาในชั้นของ

ตัวทำละลายแต่ละชนิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชื่อของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด

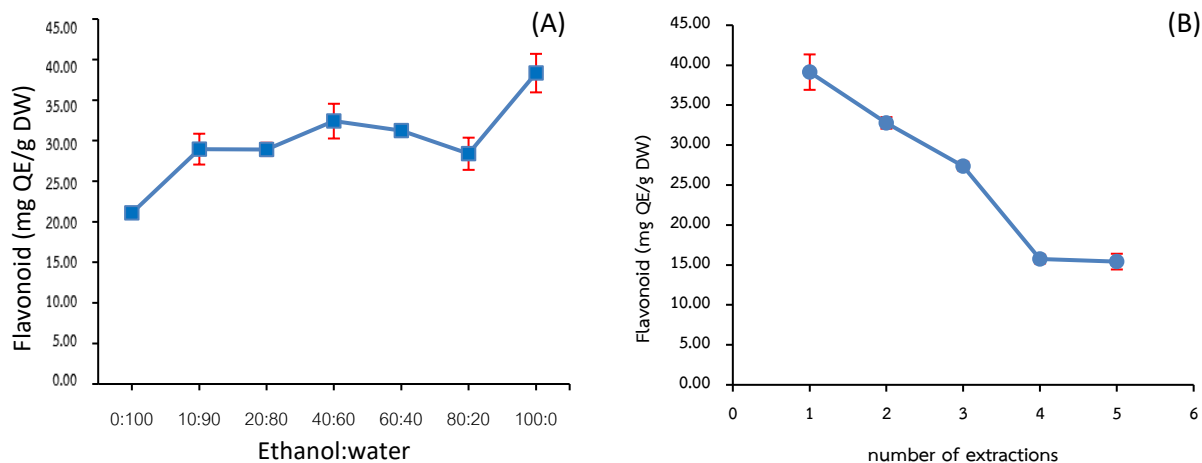


Figure 2 Microwave-assisted extraction: effect of ethanol: water ratio

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สารสกัดตัวอย่างกล้วยไม้เอื้องผึ้งจากส่วนของลำลูกกล้วย ดอก และใบ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของกล้วยไม้เอื้องผึ้งจากส่วนใบ ลำต้น ราก และดอก การศึกษาพบว่าชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่นำไปเปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าในดอกเอื้องผึ้งพบสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด และรองลงมาพบสารประกอบฟีนอลิก DPPH และ Antityrosinase, IC50 จากนั้นนำดอกเอื้องผึ้งไปศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเทคนิคไมโครเวฟในดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้ง พบว่าดอกเอื้องผึ้งพบสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด ดังนั้นในการเปรียบเทียบการสกัดด้วยเทคนิคของไมโครเวฟ จึงได้ใช้สารกลุ่มดังกล่าวเป็นตัวเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในสกัดที่เหมาะสม 600 วัตต์ ระยะเวลาในการสกัดสารที่เหมาะสม คือ ใช้เวลา 270 วินาที อัตราส่วนระหว่าง ethanol : water ที่เหมาะสมคือ 100:0 และใช้วิธีการสกัดสารจำนวน 1 ครั้ง ในการสกัดให้ผลดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการปลูกเลี้ยงและการเพิ่มศักยภาพการผลิตในการสกัดกลิ่นหอมของกล้วยไม้ไทยพันธุ์แท้บางชนิดเพื่อเป็นต้นแบบการนำไปใช้ประโยชน์ด้านเครื่องสำอางและการอนุรักษ์ (Development in Thai Orchids Cultivation System for Aromatherapy Products Cosmetic Prototype Conservation) ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และโครงการคืนชีวิตกล้วยไม้ไทยสู่ไพรพฤกษ์อันเนื่องมาจากพระราชดำริที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Chang, C.H., H.Y. Lin, C.Y. Chang and Y.C. Liua. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. **Journal of Food Engineering** 77: 478–485.
- Mapoung, S., W. Semmarath, P. Arjsri, S. Umsumarng, K. Srisawad, P. Thippraphan, S. Yodkeeree and P. Limtrakul (Dejkriengkraikul). 2021. Determination of phenolic content, antioxidant activity, and tyrosinase inhibitory effects of functional cosmetic creams available on the Thailand market. **Plants** 10(1383): 1–18.
- Nguyen, H.A., K.H. Lin, M.Y. Huang, C.M. Yang, T.H. Shin, T.C. Hsiung, Y.C. Lin and F.C. Tsao. 2018. Antioxidant activities of the methanol extracts of various parts of *Phalaenopsis* orchids with white, yellow, and purple flowers. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca** 46(2): 457–465.
- Obsuwan, K., B.R. Jeong and S. Maksup. 2019. Analysis of bioactive compounds, polysaccharides and antioxidant activity in different parts of *Dendrobium Sonia* Jo Daeng. **Science, Engineering and Health Studies** 13(2): 73–82.
- Phunsawan, B. 2013. Free radicals, antioxidants, and antioxidant activity analysis. **Journal of Science and Technology** 21(3): 275–286.
- Singh, R.P., K.N. Chidambara and G.K. Jayaprakasha 2002. Studies on the activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 50(1): 81–86.
- Siriwattanamethanon, N. 2020. Multi-coloured food there are many benefits (Part 1): what are multicolored foods. Retrieved from <https://pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0148.pdf> [in Thai]
- Sopittummakhun, K. and P. Rattanasingchan. 2017. Extraction and determination of antioxidant activity in herbal plant. **Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal** 3(1): 86–94. [in Thai]
- Suedee, A. 2017. Microwave-assisted extraction of active compounds from medicinal plants. **EAU HERitAgE JoUrnAlScience and Technology** 11(1): 1–14. [in Thai]
- Taokaenchan, N., K. Areesrisom, P. Areesrisom, Y. Maifaey, J. Philadee and S. Sateinperakul. 2021. Contents of phenolic, flavonoid and antioxidant activity of *Dendrobium* spp. in Maejo University, Chiang Mai province. **Journal of Science and Technology Yala Rajabhat University** 7(1): 21–28. [in Thai]

- Taokaenchan, N., K. Areesrisom, P. Areesrisom, V. Maifaey, R. Kongtanajaruanun and S. Sateinperakul. 2022. Comparison of different extraction methods and solvent ratios on yield, content of total phenolic and flavonoid in *Kaempferia parviflora* Wallich. ex Baker. **Maejo Journal of Agricultural Production** 4(1): 77–90. [in Thai]
- Thanaphat, S. 2016. **Extraction of active chemical constituent of herbal medicinal plant using microwave-assisted extraction technique.** Retrieved from <https://ccpe.pharmacycouncil.org/showfile.php?file=79>
- Ueda, Y., N. Apiphuwasukcharoen, S. Tsutsumi, Y. Matsuda, V. Areekul and S. Yasuda. 2019. Optimization of hot-water extraction of dried yacon herbal tea leaves: enhanced antioxidant activities and total phenolic content by response surface methodology. **Food Science and Technology Research** 25(1): 131–139.
- Watcharakupt, O., P. Bunjong, C. Boonyarat and A. Sinthong. 2007. **Radical Scavenging Agent.** Bangkok: New Thaimit Printing. 262 p. [in Thai]
- Yan, M-M, W., Liu, Y-J. Fu, Y-G. Zu, C-Y. Chen and M. Luo. 2010. Optimisation of the microwave-assisted extraction process for four main astragalosides in *Radix astragali*. **Food Chemistry** 119(4): 1663–1670.

A Study of Dang Chicken Supply Chain in the Upper Southern Provinces of Thailand

การศึกษาห่วงโซ่อุปทานไก่แดงในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ตอนบนของประเทศไทย

Jareewan Chankong^{1,*}, Napapach Chuaychu-noo¹ and Banthita Poosubme Ponathong²

จรีวรรณ จันทร์คง^{1,*} ณปภัช ช่วยชูหนู¹ และบัณฑิตา ภูทรัพย์มี โปณะทอง²

¹Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat, Thailand 80110

²Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Sri Thammarat, Thailand 80110

¹คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

*Corresponding author: jareewan.rmuts@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-5148-3397>

Received: April 21, 2025

Revised: December 11, 2025

Accepted: January 12, 2026

Abstract

This study investigated the supply chain of Dang chickens in the upper southern provinces of Thailand. Data were collected through structured interviews with 60 Dang chicken farmers, 20 collectors, 20 wholesalers/retailers, and 400 consumers in Nakhon Si Thammarat, Surat Thani, and Chumphon provinces. The results showed that farmers typically raised Dang chickens for an average of 16 weeks, achieving a weight of 1.5–1.6 kilograms. Regarding distribution channels, farmers predominantly sold to local collectors due to ease of communication and established trust with long-term partners. Other channels included direct sales to wholesalers/retailers, consumers, and local restaurants. Live chickens were generally sold at 70–80 Baht per kilogram, with prices increasing to 90–100 Baht per kilogram during festivals such as the Chinese New Year and the Qingming festival. Wholesale traders sometimes acted as live chicken collectors, while processed chickens were sold at 110–125 Baht per kilogram. Most consumers purchased Dang chicken from retailers at fresh markets or community flea markets at 120–150 Baht per kilogram. The Dang chicken supply chain comprised small-scale farmers and network groups, live chicken collectors, wholesalers/retailers, shop or restaurant operators, and end consumers. The study recommended encouraging farmers to join cooperative groups to enhance operational efficiency through improved production planning, marketing channels, and knowledge exchange.

Keywords: supply chain, Dang chicken, collector merchants, consumers

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาห่วงโซ่อุปทานไก่แดงในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ตอนบนของประเทศไทย โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างกับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่แดง จำนวน 60 ราย พ่อค้ารวบรวม จำนวน 20 ราย ผู้ค้าส่ง/ค้าปลีก จำนวน 20 ราย และผู้บริโภค จำนวน 400 ราย ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร พบว่าด้านการผลิต เกษตรกรเลี้ยงไก่แดงระยะเวลาเฉลี่ย 16 สัปดาห์ น้ำหนักตัวเฉลี่ย 1.5–1.6 กิโลกรัม ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมจำหน่ายไก่แดง ให้แก่พ่อค้ารวบรวมในท้องถิ่น เนื่องจากมีความสะดวกในการติดต่อสื่อสารและมีความเชื่อมั่นจากการเป็นคู่ค้าระยะยาว นอกจากนี้ยังมีช่องทางการจำหน่ายอื่น ๆ ได้แก่ การจำหน่ายโดยตรงให้แก่ผู้ค้าส่ง/ค้าปลีก ผู้บริโภค และร้านอาหารในท้องถิ่น ราคาจำหน่ายไก่แดงมีชีวิตเฉลี่ย 70–80 บาทต่อกิโลกรัม และจะปรับสูงขึ้นเป็น 90–100 บาทต่อกิโลกรัม ในช่วงเทศกาลสำคัญ เช่น เทศกาลตรุษจีน และเทศกาลเซ็งเม้ง โดยมีผู้ค้าส่งบางรายทำหน้าที่เป็นผู้รวบรวมไก่มีชีวิตด้วย ในขณะที่ไก่แดงชำแหละมีราคาจำหน่ายเฉลี่ย 110–125 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับผู้บริโภคส่วนใหญ่จะซื้อไก่แดงจากผู้ค้าปลีกในตลาดสดหรือตลาดนัดชุมชน ในราคาเฉลี่ย 120–150 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้พบว่า ห่วงโซ่อุปทานไก่แดง ประกอบด้วย เกษตรกรรายย่อยและกลุ่มเครือข่าย พ่อค้ารวบรวมไก่มีชีวิต ผู้ค้าส่ง/ค้าปลีก ผู้ประกอบการร้านค้าหรือร้านอาหาร และผู้บริโภคปลายทาง ทั้งนี้ควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรรวมกลุ่มกันในรูปแบบสหกรณ์หรือกลุ่มความร่วมมืออย่างเป็นระบบ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพในการดำเนินงาน โดยมุ่งเน้นการวางแผนการผลิตอย่างเหมาะสม การพัฒนาและขยายช่องทางการตลาด ตลอดจนการสร้างกลไกในการแลกเปลี่ยนและถ่ายทอดองค์ความรู้ระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม อันจะนำไปสู่ความเข้มแข็งและความยั่งยืนของการพัฒนาในระยะยาว

คำสำคัญ: ห่วงโซ่อุปทาน ไก่แดง พ่อค้ารวบรวม ผู้บริโภค

Introduction

Currently, native chicken farming in Thailand is primarily managed by smallholder farmers as a supplementary occupation, with operations found in almost all provinces of the country (Phromnoi and Phattanakunanan, 2017). Due to the slow growth rate of native chickens, the yield is relatively low, which is insufficient to meet market demand. As a result, the price of native chickens is higher than that of broiler chickens (Laopaiboon *et al.*, 2010). This price disparity has affected the domestic poultry market, leading to challenges such as market inefficiencies and unfair trading practices between producers and

traders. Furthermore, there is an urgent need to develop hygienic slaughterhouses that adhere to international standards to ensure that consumers can access clean, hygienic, and safe chicken meat. Ongoing technical and academic support is also essential to enable local chicken farmers to produce meat of comparable quality to international standards.

Native chicken meat is an agricultural product that currently lacks overall competitive potential, particularly among small-scale producers. In the southern region, there are 412,989 native chicken farmers and a total of 13,666,794 native chickens (Information and Statistics Group, Information and Communication Technology Center, Department

of Livestock Development, 2023). Nakhon Sri Thammarat Province has the highest number of native chicken farmers in the southern region. Most of these farmers are small-scale producers who raise chickens alongside other agricultural activities. Among the native chicken breeds commonly raised in the southern region, the “Dang chicken” or “Dang Surat chicken” stands out as an indigenous breed of Thailand (Sentangsedtee, 2018). The Department of Livestock Development has implemented a policy to conserve and develop animal genetic resources, particularly native breeds, in an effort to establish Surat Thani Dang chicken as a purebred breed with consistent and unique external characteristics (Songsang *et al.*, 2015). This breed maintains exceptional traits, such as strong maternal instincts and high genetic diversity, providing opportunities for selective breeding to enhance economically valuable characteristics beyond those of typical Thai native chickens. The conservation, research, and development of the Surat Thani Dang Chicken breed is managed by the Surat Thani Animal Research and Breeding Center, which also encourages farmers in the southern region to raise this breed to generate additional household income.

Most native chickens are primarily raised for domestic consumption, with very few being exported as live chickens or meat products. The market for slaughtered native chickens is relatively narrow compared to other meat markets, which may be due to the unique characteristics of the general market for live chickens. This market mainly serves small farmers or small-scale farms, where sales and purchases typically take place directly at the farm. Most buyers are local traders or butchers. The

inefficiency of native chicken marketing is a significant issue and a major barrier to the development of native chicken production, preventing it from advancing like other livestock products. This inefficiency causes farmers to feel insecure about pursuing native chicken farming as a long-term career, leading many to abandon it altogether. From a marketing perspective, there are additional challenges, such as complex market mechanisms and high costs at each stage of the supply chain. Farmers lack bargaining power, and the absence of clear grading and standards for native chicken meat results in minimal price differentiation between various meat qualities. This lack of differentiation discourages farmers from improving the quality of their chicken production. Moreover, there is a shortage of standardized slaughterhouses, further hindering market development.

This research examined the supply chain of Dang chickens in the upper southern provinces of Thailand, focusing on current production status, related businesses, live chicken markets, product distribution sources, market structure, and distribution channels. It identified various forms of native chicken supply chains and aimed to promote their development into a sustainable commercial model. The study also provided policy recommendations to guide the development of commercial Dang chicken farming, expanding economic opportunities for stakeholders across the supply chain. Furthermore, government and related agencies can use the findings to establish guidelines for managing native chicken production, which may also be applied in other regions to support systematic and sustainable management practices.

Methodology

Research Tools

The research tool used in this study was an interview form, which was validated through a content validity check. The researcher submitted the questionnaire to three experts to evaluate its content validity. Following this, the Index of Consistency (IOC) and the appropriateness of the language used (wording) were calculated. Necessary revisions were made based on these evaluations before the instrument was used for actual data collection. The interview form consisted of four parts as follows:

Part 1: General economic and social information of Dang chicken farmers

Part 2: Information on costs and returns from Dang chicken production

Part 3: Information on Dang chicken distribution channels

Part 4: Information on problems and obstacles in Dang chicken production

The research proposal has been submitted for approval to conduct human ethics and has received the document number RUTS-IRB 2566.021/05.05.

Additionally, small group meetings (focus groups) were conducted with stakeholders involved in the production and marketing processes, including both government and private agencies. These meetings aimed to brainstorm and discuss production processes, operational guidelines, and to identify any challenges and obstacles in production.

Research Methods

Step 1: This study examined the general production and marketing conditions of Dang chicken farmers in the upper southern provinces of Thailand, including Nakhon Si Thammarat, Surat Thani, and Chumphon. A sample of 60 farmers was selected using purposive sampling, as the total population size was unknown. The sample was drawn from farmers affiliated with the Surat Thani Animal Research and Breeding Center, comprising 28 farmers from Nakhon Si Thammarat, 24 from Surat Thani, and 8 from Chumphon.

Step 2: This study examined the elements of the Dang chicken supply chain in the upper southern provinces of Thailand, encompassing the following activities:

Supply Chain 1: Production

General information on native chicken farming practices and farmers' knowledge was collected from 60 farmers in Nakhon Si Thammarat, Surat Thani, and Chumphon provinces, using the sampling procedure described in Step 1.

Supply Chain 2: Collection, Slaughter, and Dissection of Dang chickens

Information on the process of purchasing live Dang chickens, including collection, procurement, and slaughter was gathered from 20 participants in the upper southern provinces. Participants were selected using purposive sampling according to population proportion: 10 from Nakhon Si Thammarat, 7 from Surat Thani, and 3 from Chumphon.

Supply Chain 3: Distribution, Wholesale, and Retail of Dang chickens

The characteristics of Dang chicken distribution channels and farmers' sales volumes were surveyed using a sample of 20 retailers, selected through purposive sampling according to population proportion: 10 from Nakhon Si Thammarat, 7 from Surat Thani, and 3 from Chumphon.

Supply Chain 4: Consumer Group

The study involved individuals who had purchased or had purchased Dang chicken meat in Nakhon Si Thammarat, Surat Thani, and Chumphon provinces. Using Cochran's formula (1953) at a 95% confidence level, the sample size was determined to be 400 participants, distributed as 200 from Nakhon Si Thammarat, 133 from Surat Thani, and 67 from Chumphon. Participants were selected using a convenience sampling method.

Data Analysis

The researcher analyzed the data collected from the questionnaire using the following methods:

Descriptive Analysis (Descriptive Method)

This analysis employed basic statistical methods to describe the general social and economic conditions of Dang chicken farmers. The data were analyzed using the content analysis method to provide a comprehensive understanding of the information collected.

Quantitative Analysis (Quantitative Method)

This analysis utilized statistical methods to calculate the mean and percentage (Pongvichai, 2008) and numerical values related to cost-return analysis. The resulting statistics were then used to discuss findings and conduct an in-depth analysis of the data.

Results

Based on the study of production status, marketing, and elements of the Dang Chicken supply chain, the research examined the relevant processes from producers to consumers, yielding the following results:

Production and marketing of Dang chickens by farmers in the upper southern provinces of Thailand

From the study of Dang chicken farmers in the upper southern region conducted using purposive sampling, with a total of 60 participants. In terms of production processes, small-scale farmers typically purchased Dang chicken chicks from the Surat Thani Animal Research and Breeding Center, placing orders in advance and picking them up at the specified time. The center sold one-day-old chicks for 15 Baht each. For farmer groups, there were arrangements to breed and distribute chicks within the network, with a production capacity ranging from 50 to 300 chicks per cycle. Regarding the cost and returns from Dang chicken production, the production cycle lasted approximately 16 weeks, with an average weight of around 1,500 to 1,600 grams. Farmers sold live chickens at a price of 70 to 80 Baht per kilogram. The main production cost is attributed to feed, which accounts for 70% of the total cost. Effective management of feed costs can significantly enhance farmers' net profits.

The study also examined Dang chicken distribution channels, highlighting the movement of goods from producers to consumers. Data collection revealed that the sample group of Dang chicken farmers preferred to sell live chickens at an average

price of 70 to 80 Baht per kilogram. The majority (68.33%) chose to sell to local collectors due to the convenience of communication and established trust, as these relationships had developed over time. The next most popular channels were wholesalers and retailers who purchased directly from the community (20.00%), followed by direct sales to consumers or local restaurants (11.67%). An analysis of the Dang chicken market structure indicated that it operated as a market with few sellers. Dang chicken sellers or collectors and wholesalers/retailers were scarce in each community. The Dang chickens were native breeds with similar characteristics, and any differences were minimal, making them substitutable. It was also noted that collectors, wholesalers, or sellers of slaughtered Dang chickens often overlapped, as they might be the same individuals who collected live Dang chickens from small farmers or community networks for butchering and sale in the main market of the province. In the research area, Dang chickens sold in the market were typically fresh, whole chickens with the internal organs removed, weighing approximately 1.50 to 1.70 kg each. Entering the market as a new seller was challenging, as Dang chicken farming was not widely practiced; it primarily involved original farmers, with some areas forming new networks. Furthermore, the Dang chicken market primarily operated in fresh or community markets, where most consumers were local shoppers. These consumers often purchased Dang chickens for ceremonial purposes during festivals such as the Chinese New Year and the Qingming Festival, leading to increased demand during these periods. Consequently, the pricing power for Dang chickens predominantly rested with wholesalers. However,

wholesalers had to ensure the quality of the Dang chickens to maintain the established price.

Key Elements of the Dang Chicken Supply Chain in the upper southern provinces of Thailand

According to the study of the Dang chicken supply chain, it was found that the supply chain involved a series of processes that included the movement of goods from raw materials to finished products and ultimately to consumers. The study identified five key components of the supply chain, as outlined below:

1) Most farmers raising Dang chickens in the upper southern provinces of Thailand were smallholders, and in some areas, they had formed network groups. A few farmers practiced their own breeding. The production capacity ranged from 50 to 300 chickens per production cycle, with most being raised in semi-confined and semi-free-range systems. The rearing period typically lasted around 16–18 weeks until the chickens reach the market's desired body weight of approximately 1.5–1.8 kilograms. The carcasses were expected to have attractive skin, no defects, and a yellowish tint. The average selling price for live chickens was 70–80 Baht per kilogram. It was observed that farmers preferred to sell to local traders due to established long-term relationships.

2) Live Dang chicken collectors were responsible for purchasing chickens directly from farmers within communities or network groups. They typically travelled to different areas to buy live chickens, often operating within long-established networks. Under normal circumstances, live Dang chickens were purchased at a price of 70–80 Baht per kilogram. However, during festivals such as the Chinese New Year and the Qingming Festival, prices rose to 90–100 Baht per kilogram due

to increased demand. The chickens were then transported to a standard slaughterhouse for processing and subsequent sale.

3) In some cases, wholesale traders were also the live chicken collectors. They were responsible for selling processed (dissected) Dang chickens, with internal organs removed, to retailers in community markets and to restaurant operators. The processed chickens were typically sold at a price of 110–125 Baht per kilogram. Demand from wholesale traders increased by 30–50% during peak periods.

4) Most consumers purchased Dang chicken from retailers at fresh markets or community flea markets in Nakhon Si Thammarat, Surat Thani, and Chumphon provinces. Consumers typically bought dissected chickens with internal organs removed, at prices ranging from 120 to 150 Baht per kilogram, primarily for household cooking, such as boiled or curry dishes. Restaurant operators mainly located in Nakhon Si Thammarat, Surat Thani, Chumphon, and neighboring areas such as Phatthalung represented

another important segment of the supply chain. Restaurant demand varied, with some preferring male chickens weighing over 1.5 kilograms. Common dishes prepared from Dang chicken included chicken rice, turmeric-boiled chicken, and curry chicken.

The study concluded that the Dang chicken market in the upper southern provinces operated as an oligopoly, characterized by a small number of sellers offering homogeneous or highly substitutable products. Market entry for new sellers was challenging, and pricing power was largely held by established traders. In Nakhon Si Thammarat, Surat Thani, and Chumphon provinces, five distinct trading models were identified, including:

Model 1: This model involved farmers raising live Dang chickens, processing them (dissecting) in their backyards, and selling directly to consumers within the community. These sales were often conducted through traditional community channels or online trading within specific community groups (as illustrated in Figure 1).

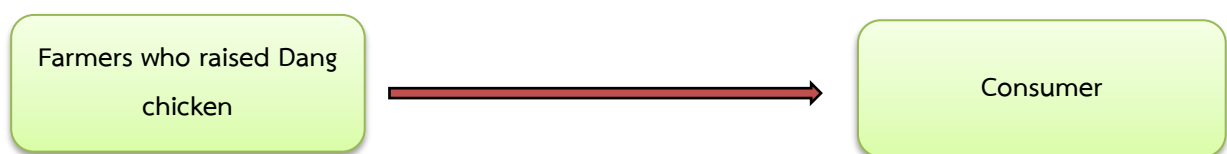


Figure 1 Dang chicken supply chain in the upper southern provinces Model 1

Model 2: The second model began with live Dang chicken farmers who processed (dissect) the chickens in their backyards and sold them

directly to entrepreneurs or restaurants within the community, before reaching the end consumers. This process is illustrated in Figure 2.



Figure 2 Dang chicken supply chain in the upper southern provinces Model 2

Model 3 The third model began with live Dang chicken farmers who sold their products through wholesalers and retailers. These intermediaries then distributed the chickens to entrepreneurs and restaurants, ultimately reaching the consumers. This process is illustrated in Figure 3.

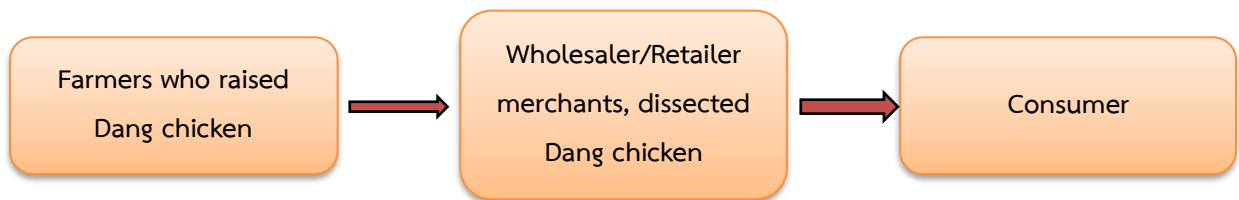


Figure 3 Dang chicken supply chain in the upper southern provinces Model 3

Model 4: The fourth model began with live Dang chicken farmers. The chickens were sold through traders who collected live Dang chickens, followed by wholesale traders who processed (dissected) the chickens, and finally to retail traders of dissected Dang chickens. This process is illustrated in Figure 4.

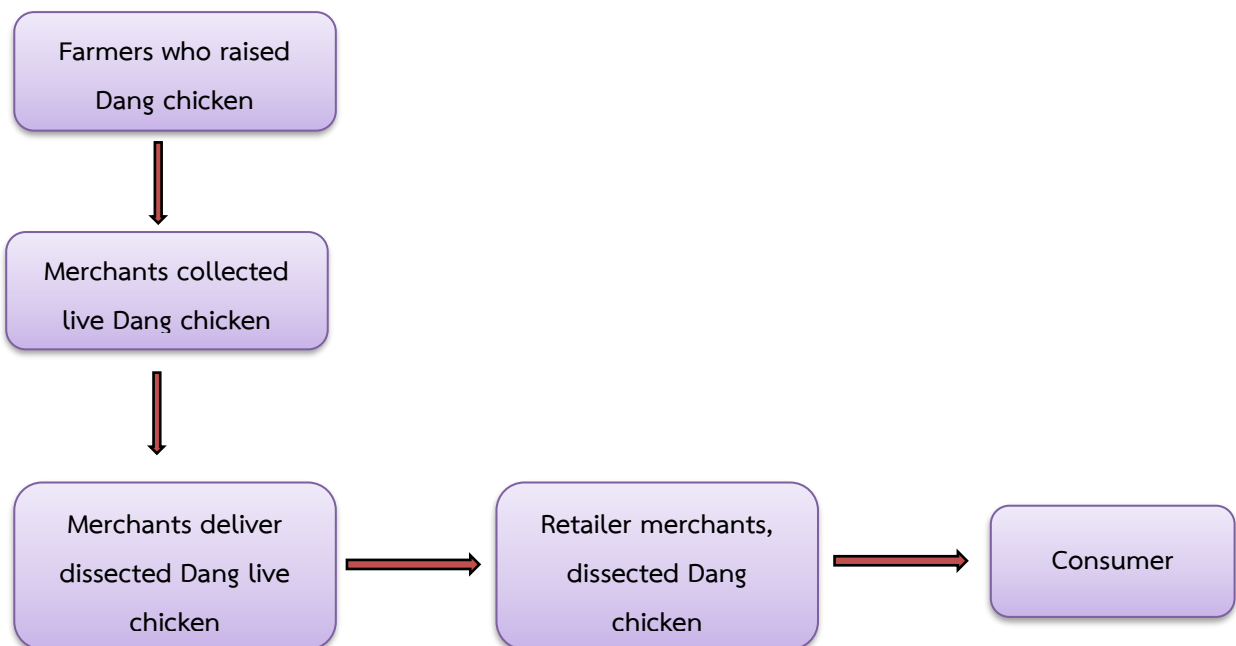


Figure 4 Dang chicken supply chain in the upper southern provinces Model 4

Model 5: The fifth model began with farmers who raised live Dang chickens. The chickens were sold through live Dang chicken collectors, then to wholesalers and retailers of dissected

Dang chickens, followed by entrepreneurs and restaurants, and finally reaching consumers. This process is illustrated in Figure 5.

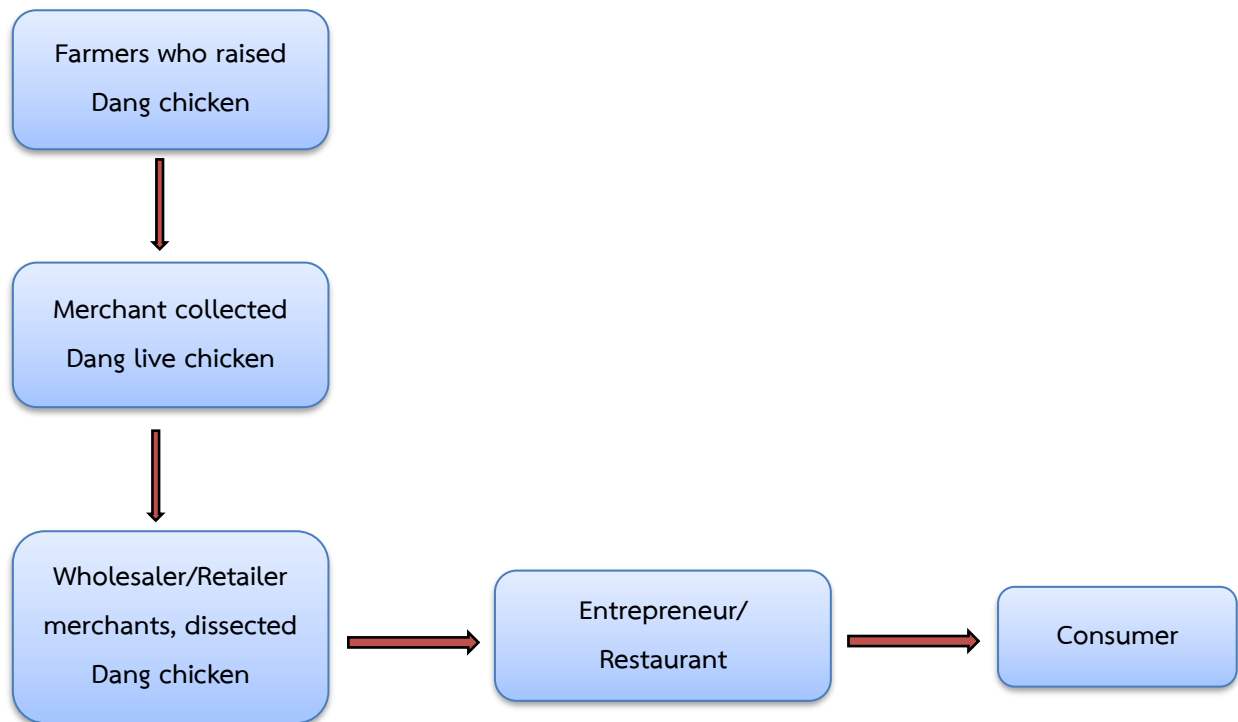


Figure 5 Dang chicken supply chain in the upper southern provinces Model 5

Discussion

The study of the Dang chicken supply chain in the upper southern provinces of Thailand revealed that most farmers operated on a small scale. In some areas, farmers had formed networks to raise native chickens using open-field, semi-confined, and semi-free-range systems. The average production cycle was approximately 16 weeks, yielding chickens weighing around 1.5 kilograms. The average selling price ranged from 70 to 80 Baht per kilogram, consistent with market preferences in the region. Raising chickens to meet the desired market weight within the appropriate time frame led to effective cost management for the farmers. In terms of distribution channels, the next most popular sales channels were wholesalers and retailers who purchased directly from the community (20.00%) and other avenues, such as selling directly to consumers or local restaurants (11.67%). These distribution channels for Dang chickens aligned with research conducted by Wongsuthavas and Sombun (2009) who examined the development of commercial native chicken products in Sakon Nakhon province. Their study found that most collectors and distributors of native chickens in Sakon Nakhon gathered chickens from the community to sell at fresh markets. Some farmers also served as collectors and butchers, traveling to villages to purchase chickens. The average selling price of native chickens in that region was reported to be between 100 to 120 Baht per kilogram. In contrast, a study by Saenkunthow *et al.* (2016) on the production and marketing of native chickens

in Maha Sarakham Province indicated that most farmers primarily produced chickens for household consumption, with any surplus sold as live chickens. This group focused on direct sales to community consumers, accounting for 46.60% of their sales, followed by community collectors (29.49%) and farmer networks (24.28%). In Maha Sarakham Province, native chicken farmers often took on multiple roles, serving as producers, collectors, butchers, and direct sellers to consumers. The structure of the Dang chicken market was characterized as an oligopoly, where only a few sellers dominated. The products offered by these sellers were largely similar, and any differences were minimal and substitutable. This market structure made it difficult for new sellers to enter, and pricing power was primarily held by collectors and wholesalers.

The study of the Dang chicken supply chain revealed that the Dang chicken market operated as an oligopoly market. This indicated that there were only a few sellers, including local chicken collectors and wholesalers/retailers, in each community. These sellers offered similar products, with only minor differences that could be easily substituted. Consumers generally recognized the product as native chicken without distinguishing between specific breeds. Entering the market was challenging for new sellers, especially for local collectors who possessed expertise, established networks for exchanging market information, and strong relationships with native chicken farmers in their communities. Consequently, the power to set prices predominantly lay with these collectors and wholesalers. The marketing route

for Dang chickens began with farmers raising live Dang chickens, followed by collectors of live Dang chickens, wholesalers/retailers who sold butchered Dang chickens, restaurant operators, and ultimately, consumers. This pathway aligned with the supply chains of other native chicken breeds in various regions. For instance, Wongsuthavas and Sombun (2009) reported that the native chicken supply chains in Phang Khon and Mueang Districts of Sakon Nakhon Province involved free-range chicken farmers, collectors, butchers, distributors, and consumers. In this model, collectors, butchers, and distributors often assumed multiple roles, gathering native chickens from villages, butchering them, and selling directly to consumers. Similarly, Boonman and Weesaphe (2009) documented that the supply chain for native chickens in Sisaket, Yasothon, and Ubon Ratchathani Provinces involved small-scale farmers, live chicken collectors who established purchasing points in villages, and butchers in fresh markets, culminating in sales to consumers. Nualhnuplong *et al.* (2019) found that the Betong chicken market in Pattani, Yala, and Narathiwat Provinces also operated with few sellers. The marketing pathway for Betong chickens started with farmers raising live Betong chickens, followed by collectors and wholesalers who sold butcher Dang chickens to shop operators, including chicken rice shops and restaurants, until reaching consumers. Overall, the studies suggested that most native chicken marketing routes consisted of farmers, collectors, distributors, and consumers, often with overlapping roles among collectors, butchers, and distributors.

Relucio (2021) illustrated the value chain by showing the actors involved, their roles, and relationships in the value chain map; and determined the costs and revenues related to native chicken production. The results indicated that the main actors in this value chain were farmers/raisers of native chickens, wholesalers/middlemen, and retailers. The native chicken raisers sold their harvest directly to middlemen, who then sold it to consumers that visited their location. Conversely, the intermediaries sold the native chicken straight to the market. The findings showed that the three actors benefited from the industry; however, the middlemen's income exceeded that of both raisers and retailers. Results indicated that the native chicken did not have a fixed price in the Partido, Philippines. In Thailand, Yotapakdee *et al.* (2023) examined the management of the native chicken supply chain and strategies to improve value chain efficiency for commercial native chickens among farmer groups in the upper northern provinces. The study classified 148 farmers into three groups based on production potential: high, medium, and low. The authors suggested that promoting knowledge about the distinguishing characteristics of native chickens to customers could enhance farmers' commercial potential. Recommendations for upstream farmer groups included: maintaining high quality chicks for sale in the high group; developing farms to meet Good Agricultural Practice (GAP) standards in the medium group; and improving knowledge of chicken husbandry and vaccination systems in the low group. These

measures aimed to strengthen each group's capacity for commercial native chicken production.

Similarly, Chankong *et al.* (2022) studied the native chicken supply chain in Nakhon Si Thammarat province, confirming that it comprised small-scale farmers, networks of live chicken collectors, wholesalers/retailers of slaughtered Dang chickens, and consumers. The market structure was found to be oligopolistic, with pricing power concentrated among collectors and wholesalers. Each community typically had only a few sellers offering similar products, limiting opportunities for new entrants due to established networks and local expertise. Nevertheless, encouraging cooperative models and collective marketing strategies could empower farmer groups. By consolidating supply and accessing larger markets, small-scale farmers could negotiate prices more effectively, reduce dependency on middlemen, and achieve better returns.

Conclusion

In conclusion, this study investigated the Dang chicken supply chain in the upper southern provinces of Thailand, identifying key actors including farmers, live chicken collectors, wholesalers/retailers of slaughtered Dang chickens, shop and restaurant operators, and consumers. Farmers predominantly sold to local collectors due to convenience and established trust, followed by wholesalers/retailers and, to a lesser extent, direct sales to consumers or restaurants. The market operated as an oligopoly, with few sellers offering similar products and pricing power concentrated among collectors and wholesalers.

The study recommended encouraging farmers to join cooperative or farmer groups to enhance operational performance through knowledge exchange, production planning, and improved marketing channels. Understanding the structure and dynamics of the Dang chicken supply chain provided a framework for developing Dang and other native chicken farming practices. Promoting household level native chicken farming requires careful management of costs particularly feed, the primary expense, alongside efficient distribution channel management. Furthermore, effective knowledge and information sharing among stakeholders, including academic and market insights, was essential. Collaborative management across farmers, collectors, wholesalers, retailers, restaurant operators, and consumers can generate mutual economic benefits and contribute to long-term food security.

Recommendations

Recommendations Based on the Research on the study of Dang chicken supply chain in the upper southern provinces of Thailand

1) Feed represents the most significant cost in raising Dang chickens. Therefore, farmers should carefully manage the raising period to achieve the desired size and quantity that aligns with consumer demand. To support cost-effective feed management and increase profitability, targeted policy interventions are needed. Such as training farmers on alternative feed sources, utilizing local feed ingredients, or purchasing feed collectively through cooperatives could substantially improve profit margins for small-scale Dang chicken producers.

Additionally, promoting group marketing strategies and cooperative models can strengthen farmer organizations, enabling them to negotiate prices more effectively, reduce dependence on middlemen, and potentially secure better returns through supply consolidation and access to larger markets.

2) Dang chicken farmers and merchants should align production volumes with market demand, coordinating collection and butchering processes to ensure consistent weights suitable for household consumption and diverse culinary applications. Moreover, farmers should maintain high standards in transportation and packaging to preserve product quality and meet consumer expectations.

3) Related Dang chicken businesses should consider developing ready-to-eat or semi-ready-to-eat products, as well as food items with enhanced nutritional value. Segmenting butchered chicken into convenient, ready-to-cook portions can simplify preparation for consumers. Implementing product grading systems based on weight, carcass quality, or freshness can further add value. These strategies cater to modern consumer preferences for convenience and have the potential to increase profitability.

However, for those interested in further exploration of this topic, it is recommended to investigate the purchasing behavior of consumers regarding Dang chicken meat in comparison to other native chicken breeds. This comparative analysis can provide valuable insights into consumer preferences, motivations, and trends. The findings can be utilized to develop native chicken products that align more closely with market demand and consumer expectations.

Additionally, understanding these dynamics will facilitate the enhancement of value-added opportunities for native chicken products in the future. Therefore, it is recommended that farmers be encouraged to join agricultural groups in order to improve operational performance through marketing channels, production planning, and knowledge sharing.

Acknowledgments

The research team would like to extend their heartfelt gratitude to the Dang chicken farmers and all individuals involved in the Dang chicken supply chain in Nakhon Sri Thammarat, Surat Thani, and Chumphon provinces. We also wish to express our appreciation for the research funding provided by the Office of the National Research Council. Additionally, we are thankful to the Faculty of Agriculture at Rajamangala University of Technology Srivijaya for their support in implementing this research project.

References

- Boonman, C. and S. Weesaphe. 2009. **The Evaluation of Feasibility of Native Chicken Production for Commerce in the Community Level Case Study: MaiMa-Dan Grilled Chicken, Baan-Kean Grilled Chicken and Native Chicken Trading in the Market of Srisaket, Yasothorn, and Ubon Ratchathani Province.** 69 p. *In* Research Report. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]

- Chankong, J., N. Chuaychu-noo and P. Maliwan. 2022. Supply chain of native chicken: case study in Nakhon Sri Thammarat province. **PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL** 19(2): 66–73. [in Thai]
- Cochran, W.G. 1953. **Sampling Techniques**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 356 p.
- Information and Statistics Group, Information and Communication Technology Center, Department of Livestock Development. 2023. **Database system for farmers**. Retrieved from <https://ict.dld.go.th/webnew/index.php/t/h/service-ict/report/413-report-thailand-livestock/reportservey2566/1800-province-2023> [in Thai]
- Laopailoon, B., M. Duangjinda, T. Vongpralab, P. Sanchaisuriya, K. Nantachaiand and W. Boonkum. 2010. Testing of growth performances and meat tenderness in crossbred chicken from Thai indigenous sire and commercial dam. **Khon Kaen Agriculture Journal** 38: 373–384. [in Thai]
- Nualhnuplong, P., C. Wattanachant, S. Wattansit and B. Somboonsuke. 2019. Market structure marketing channel and supply chain of Betong chicken in Pattani, Yala and Narathiwat provinces. **Journal of Agricultural Research and Extension** 36(3): 78–85. [in Thai]
- Phromnoi, S. and S. Phattanakunanan. 2017. Genetic diversity of native chicken in Uttaradit province for sustainable of utilization and conservation. **Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine** 12(2): 67–77.
- Pongvichai, S. 2008. **Statistical Data Analysis by Computer**. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House. 479 p. [in Thai]
- Relucio, J.A. 2021. Value chain analysis of native chicken in selected Barangay of Partido. **Technium** 3(6): 50–66.
- Saenkhunthow, U., C. Prasert and K. Nonta. 2016. **Study on the System of Production and Marketing of Thai Native Chicken In Mahasarakham Province**. Retrieved from <http://region4.dld.go.th/webnew/images/stories/vichakarn/04-2-04-60.pdf> [in Thai]
- Sentangsedtee. 2018. **Dang Surat chickens**. Retrieved from https://www.sentangsedtee.com/farming-trendy/article_96095 [in Thai]

- Songsang, A., K. Tunthikapong, R. Sompong and T. Jeendoung. 2015. **Comparison of production performance, carcass, meat quality and consumer acceptance on Dang Suratthani Thai native chicken and colon chicken raised in commercial production and the supplementation of rubber seed meat to replace soybean meal in diet formulas.** Retrieved from <http://kb.tsu.ac.th/jspui/bitstream/123456789/3390/1/Aporn%20Songsang%20002%2002771.pdf> [in Thai]
- Wongsuthavas, S. and K. Sombun. 2009. **Feasibility Study of the Using of Native Chicken or Native Hybrid Chicken for Commercial in Community Level: Sakon Nakhon Province.** 77 p. *In* Research Report. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). [in Thai]
- Yotapakdee, T., P. Proburomand, S. Phannarong, P. Boonyasana, N. Rukprayoon and S. Chotinan. 2023. Efficiency improvement of value chain management on commercial native chickens of farmer groups in the upper northern provinces of Thailand. **Khon Kaen Agriculture Journal** 51(2): 231–243. [in Thai]

การพัฒนารูปแบบการเลี้ยงแพะพื้นเมืองแบบประณีตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
สำหรับเยาวชนกลุ่มเปราะบางในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้

Development of an Intensive Native Goat Rearing Model to Enhance Production
Efficiency for Vulnerable Youth in Thailand's Southern Border Provinces

ยะโก๊ะ ขาเร็มดาเบะ^{1,*} ซูไฮมิน เจ๊ะมะลี² และนิรมล จันทรชาติ³

Yakoh Karemdabeh^{1,*}, Suhaimin Chemalee² and Niramol Juntarachat³

¹สาขาเคมี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ปัตตานี 95000

²กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ปัตตานี 95000

³สาขาวิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง พัทลุง 93210

¹Chemistry Education Program, Faculty of Education, Fatoni University, Pattani, Thailand 95000

²Science Division, Faculty of Science and Technology, Fatoni University, Pattani, Thailand 95000

³Chemistry Program, Faculty of Engineering, Thaksin University, Phatthalung Campus, Phatthalung, Thailand 93210

*Corresponding author: yakotsu@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-4482-2128>

Received: May 09, 2025

Revised: December 19, 2025

Accepted: January 12, 2026

Abstract

This study aimed to develop an intensive native goat farming model and to enhance rearing capabilities for vulnerable (unemployed) youth in Thailand's southern border provinces. Using a completely randomized design (CRD), twenty 6–7-month-old native goats were divided into four groups (5 goats/group): Group 1 received only Napier grass; Group 2 received Napier grass supplemented with 2% BW commercial feed; Group 3 received Napier grass plus 2% BW concentrated feed Formula A (yeast-fermented corn); Group 4 received Napier grass plus 2% BW concentrated feed Formula B (rice bran + fish meal). (After a 120-day trial (concluding at week 16), initial weights were 7.73 ± 1.00 , 7.60 ± 1.07 , 7.73 ± 0.81 , and 7.66 ± 1.10 kg/animal for Groups 1–4, respectively, with weight gain percentages of 19.81, 29.50, 31.59, and 36.17%, respectively). Nutritional analysis revealed that Formula A contained 13.8% crude protein, 8.1% fat, 10.2% crude fiber (CF), and 40–50% moisture; whereas Formula B contained 15.20% protein, 4.5% fat, 9.4% crude fiber (CF), and 40–50% moisture. Fresh Napier grass contained 9.8% protein, 0.6% fat, 33.2% crude fiber (CF), and 9.3% moisture, while fermented Napier grass

contained 10.2% protein, 10.2% fat, 32.1% crude fiber (CF), and 9.9% moisture. Production costs averaged at 5.80 THB/kg (dry) and 3.49 THB/kg (fresh) for Formula A, and 10.54 THB/kg (dry) and 6.33 THB/kg (fresh) for Formula B, enabling farmers to reduce feed costs by over 50%.

Keywords: intensive goat farming, native goats, at-risk youth (unemployed)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบการเลี้ยงแพะพื้นเมืองแบบประณีตและพัฒนาศักยภาพ พร้อมยกระดับการเลี้ยงแพะพื้นเมืองกับเยาวชนกลุ่มเปราะบาง (ไร้งาน) ในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยทำการศึกษาการเลี้ยงแพะแบบประณีต ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ใช้แพะพื้นเมืองอายุ 6-7 เดือน จำนวน 20 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 5 ตัว กลุ่มที่ 1 ให้หญ้าเนเปียร์อย่างเดียว กลุ่มที่ 2 หญ้าเนเปียร์เสริมด้วยอาหารสำเร็จรูปทางการค้า 2% ของน้ำหนักตัว กลุ่มที่ 3 ให้หญ้าเนเปียร์ร่วมกับสูตรอาหารชั้นสูตร A 2% ของน้ำหนักตัว และกลุ่มที่ 4 ให้หญ้าเนเปียร์ร่วมกับสูตรอาหารชั้นสูตร B 2% ของน้ำหนักตัว เลี้ยงแพะตลอดระยะเวลา 120 วัน พบว่ากลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 7.73 ± 1.00 , 7.60 ± 1.07 , 7.73 ± 0.81 และ 7.66 ± 1.10 กิโลกรัมต่อตัว ตามลำดับ และสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 16 การคำนวณของน้ำหนักแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.81, 29.50, 31.59 และ 36.17 ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์คุณค่าโภชนาสูตรอาหารแพะสูตรต่าง ๆ สูตร A (ข้าวโพดหมักยีสต์) และสูตร B (รำข้าว+ปลาป่น) พบว่า โปรตีนรวม ไขมัน เยื่อใย และความชื้น สูตร A เท่ากับ 13.8, 8.1, 10.2 และ 40-50% ตามลำดับ สูตร B เท่ากับ 15.20, 4.5, 9.4 และ 40-50% ตามลำดับ ส่วนหญ้าเนเปียร์สด เท่ากับ 9.8, 0.6, 33.2 และ 9.3% ตามลำดับ และเมื่อนำหญ้าเนเปียร์ไปหมัก เท่ากับ 10.2, 10.2, 32.1 และ 9.9% ตามลำดับ จากการคำนวณต้นทุนของการผลิตอาหารชั้นสูตร A

ต้นทุนเฉลี่ย 5.80 บาทต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) 3.49 บาทต่อกิโลกรัม (น้ำหนักสด) และสูตร B ต้นทุนเฉลี่ย 10.54 บาทต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) 6.33 บาทต่อกิโลกรัม (น้ำหนักสด) ส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านอาหารมากกว่าร้อยละ 50 ได้

คำสำคัญ: แพะประณีต แพะพื้นเมือง เยาวชนกลุ่มเปราะบาง (ไร้งานทำ)

บทนำ

แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ พ.ศ. 2565-2567 ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากและยกระดับฐานเศรษฐกิจหลัก ให้เข้มแข็งและเติบโตอย่างยั่งยืน การเสริมสร้างความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานราก (local economy) ในระดับครัวเรือนและชุมชน เพื่อให้เศรษฐกิจฐานรากเป็นฐานเศรษฐกิจที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของพื้นที่ จังหวัดชายแดนภาคใต้อย่างยั่งยืน การพัฒนาศักยภาพการผลิตภาคเกษตรจากต้นน้ำถึงปลายน้ำ อย่างครบวงจร โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงแพะ ที่มีความสอดคล้องกับวัฒนธรรมวิถีการเลี้ยงแพะควบคู่กับการปรับปรุงแบบการทำเกษตรแบบดั้งเดิม เพื่อพัฒนาระดับให้ได้ตามมาตรฐาน โดยสนับสนุนและพัฒนาเกษตรกรให้เข้มแข็ง เพื่อสร้างความมั่นคงด้านอาชีพเกษตรกรให้กับเยาวชนกลุ่มเปราะบาง (ไร้งาน) ในพื้นที่ และสามารถพึ่งพาตนเองได้ในระยะยาว ซึ่งมีความสอดคล้องภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 การพัฒนาการผลิตและผลิตภัณฑ์ให้เพียงพอได้มาตรฐานและ

ปลอดภัย โดยมี 3 กลยุทธ์ ได้แก่ กลยุทธ์ที่ 1 การเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการเลี้ยงแพะ กลยุทธ์ที่ 2 การเร่งรัดพัฒนาเพื่อเพิ่มปริมาณอาหารแพะ และกลยุทธ์ที่ 3 พัฒนาระบบการผลิตแพะและผลิตภัณฑ์แพะให้ได้มาตรฐาน ปลอดภัย และยั่งยืน

แพะเป็นสัตว์ที่ให้เนื้อประเภทหนึ่งที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารฮาลาล ซึ่งได้รับความนิยมในการเลี้ยงและเพื่อการบริโภคในจังหวัดปัตตานี และประกอบกับสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัส โควิด-19 หรือ Covid-19 ส่งผลต่อการเลี้ยงแพะเพิ่มขึ้น ประกอบกับในพื้นที่จังหวัดปัตตานีเองได้มีการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงแพะ เพื่อสร้างรายได้และสร้างอาชีพ (ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรและสหกรณ์จังหวัดปัตตานี ประจำปี พ.ศ. 2563) และจากการลงสำรวจในพื้นที่ ตำบลป่าไร่ ตำบลบุโละบุโย และตำบลน้ำดำ จังหวัดปัตตานี พบว่าผู้เลี้ยงแพะส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย มีการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ผสมผสานกันไปในฟาร์ม และเลี้ยงโดยการขังคอกแล้วปล่อยในสวนยาง เพื่อให้แพะหาอาหารกินเองจากธรรมชาติ หรืออาจจะมีการตัดหญ้าให้กินบ้าง เพื่อลดต้นทุนในการเลี้ยง แต่แพะจะเจริญเติบโตช้า ดังนั้นเกษตรกรจึงมีการเสริมอาหารชั้นและให้อาหารหยابคุณภาพดี ทำให้แพะเจริญเติบโตเร็ว ซึ่งต้นทุนการเลี้ยงแพะร้อยละ 70 เป็นค่าอาหาร ที่เหลือเป็นค่าพันธุ์และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการเลี้ยงที่สูงขึ้น

จากการสำรวจเกษตรกรของกลุ่มวิสาหกิจเลี้ยงแพะจำนวน 14 ฟาร์ม พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีต้นทุนเดิมในกระบวนการเลี้ยงแพะ มีแหล่งหญ้าสำหรับเลี้ยงแพะบ้างบางส่วน อาทิ สวนยางพารา สวนผลไม้ ทุ่งนา และปล่อยให้แพะหาอาหารกินเอง มีความรู้ด้านการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นอาหารสำหรับแพะ รายได้จาก การเลี้ยงแพะเฉลี่ย 6,000–20,000 บาทต่อปี โรงเรือนขนาดเล็ก เฉลี่ย 20 ตัว มีความรู้ด้านการเลี้ยงแพะแบบอินทรีย์ งานวิจัยของ Gómez-Limón and Riesgo (2012) ในสเปนแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรที่ปลูกพืชอาหารสัตว์แบบผสมผสาน (ข้าวโพด+กระถิน)

สามารถลดการพึ่งพาอาหารชั้นได้ 40% และเพิ่มรายได้สุทธิ 6,000 บาท/ครัวเรือน/ปี ส่วนปัญหาด้านอาหารสัตว์ที่พบโดยเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้อาหารชั้นสำเร็จรูปและปล่อยเลี้ยงตามแปลงหญ้าสาธารณะ จากปัญหาในเรื่องอาหารชั้นที่มีราคาแพง เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่าแพะ 1 ตัวจะกินอาหารร้อยละ 30 ของน้ำหนักตัว/วัน เฉลี่ยน้ำหนักแพะ 25 กก. กินอาหาร 0.75 กก./วัน ราคาอาหารชั้นเฉลี่ย 15 บาทต่อกิโลกรัม ค่าอาหารเฉลี่ย 11.25 บาท/ตัว/วัน ถ้าแพะ 20 ตัว ค่าอาหาร 6,750 บาท/เดือน การศึกษาของ Urošević *et al.* (2020) พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลแพะช่วยเพิ่มผลผลิตหญ้าเนเปียร์ได้ 25–30% พร้อมลดต้นทุนอาหารสัตว์ 18–22% ซึ่งสอดคล้องกับโครงการนำของเสียจากฟาร์มมาใช้เป็นสารปรับปรุงดินในพื้นที่จังหวัดปัตตานี

ปัญหาที่รองลงมาเกี่ยวกับทุ่งหญ้าสาธารณะมีน้อย และอาหารหยابไม่มีคุณภาพและไม่เพียงพอ จึงส่งผลกระทบต่อต้นทุนรายจ่ายสำหรับเลี้ยงแพะอาจจะสูงกว่ารายได้จากการขายแพะ โดยเฉพาะช่วงฤดูฝนแพะไม่สามารถลงทะเล็มหญ้าได้ จึงจำเป็นต้องให้อาหารชั้นเพิ่มขึ้นและทดแทนด้วยอาหารหยابแห้ง จากการเลี้ยงในรูปแบบเดิมนี้อาจส่งผลต่อต้นทุนในเรื่องอาหารมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้อาชีพการเลี้ยงแพะไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าที่ควร การศึกษาของ Khan and Hussein (2021) รายงานว่า ในประเทศปากีสถานเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนช่วยเพิ่มอำนาจต่อรองราคา 15–20% และขยายช่องทางจัดจำหน่ายผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ได้ 35% ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเพื่อลดต้นทุนด้านอาหารอย่างเป็นระบบ โดยการส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะผลิตหญ้าเนเปียร์ที่มีคุณภาพ และเพียงพอสำหรับเป็นอาหารเลี้ยงแพะในพื้นที่ โดยผ่านเทคโนโลยีและนวัตกรรมกระบวนการผลิตสารปรับปรุงดินจากของเสียของฟาร์มเลี้ยงแพะ เพื่อนำไปใช้ปลูกหญ้าเนเปียร์ที่มีผลผลิตสูงและมีคุณภาพ สำหรับใช้เป็นอาหารหยابในการเลี้ยงแพะพื้นเมือง

ดังนั้น เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของเกษตรกร เลี้ยงแพะพื้นเมืองจากโครงการธนาคารแพะในประเทศ เอิริเทรีย (Mehanzel, 2012) พบว่ากลุ่มเปราะบางมี รายได้เพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 20-30% จากการปรับปรุง การเลี้ยงแพะและการจัดการฟาร์มอย่างมีประสิทธิภาพ มากขึ้น รายได้ที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากจำนวนแพะที่มีสุขภาพดีขึ้น ทำให้ขายแพะได้ในราคาที่เหมาะสม เนื่องจากได้รับการ ฝึกฝนในเรื่องการเลี้ยงดูและการป้องกันโรค โดยช่วงแรก ได้ใช้ระบบการแบ่งปันลูกแพะรุ่นแรก ในรูปแบบเชิง พาณิश्य์ในชุมชน ศึกษาช่องทางการตลาดและการ กระจายสินค้า ได้แนวทางการวางแผนการผลิต ส่งผลให้ เกษตรกรเลี้ยงแพะมีการรวมกลุ่มอย่างเข้มแข็งเป็น เครือข่ายในชุมชน โดยมีหน่วยงานภาครัฐเป็นภาคีร่วม เกิดแหล่งเรียนรู้ในชุมชน สามารถสร้างอาชีพ สร้างรายได้ และความมั่นคงที่ยั่งยืนแก่กลุ่มเกษตรกรแพะพื้นเมือง และชุมชนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

การศึกษาสภาพการเลี้ยงแพะ และวัสดุเหลือใช้ ทางด้านการเกษตร ที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับ การเลี้ยงแพะ เป็นการวิจัยเชิงบรรยาย โดยเก็บรวบรวม ข้อมูลโดยการสอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ผู้ให้ข้อมูลครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในพื้นที่ตำบลป่าไร่ อำเภอแม่ลาน จังหวัดปัตตานี กลุ่มวิสาหกิจชุมชนป็นาดัน เครือข่ายแพะ แม่ลาน จำนวนเกษตรกร 19 ราย ใน 4 หมู่บ้าน คือ หมู่ 2 บ้านท่าแรด หมู่ 5 บ้านวังกว้าง หมู่ 7 บ้านกำปงลูวา และหมู่ 2 บ้านคุระ ตำบลม่วงเตี้ย โดยเครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัยแบบการสำรวจข้อมูล (แบบสอบถาม) การ สอบถามการใช้พืชสมุนไพร และเศษวัสดุเหลือใช้ทางด้าน การเกษตรชนิดต่าง ๆ สำหรับเลี้ยงแพะตามวิถีเดิม ที่เกษตรกรเลี้ยง เป็นแนวทางที่ได้รับการพิสูจน์ว่าช่วยลด

ต้นทุนอาหาร เพิ่มผลผลิต และสร้างความยั่งยืนทาง สิ่งแวดล้อม (Hamid, 2024)

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ

2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ได้จาก การสอบถามเกษตรกรซึ่งมีลักษณะคำถามแบบปลายเปิด (opened-ended question) และคำถามแบบปลายปิด (closed-ended question) โดยแบ่งการสอบถาม ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

(1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ ในพื้นที่ตำบลป่าไร่ อำเภอแม่ลาน จังหวัดปัตตานี

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพกับการเลี้ยงแพะ ในพื้นที่ตำบลป่าไร่ อำเภอแม่ลาน จังหวัดปัตตานี

(3) ข้อมูลเกี่ยวกับภูมิปัญญาพืชสมุนไพรและ วัสดุเหลือใช้ทางด้านการเกษตรสำหรับแพะ

(4) ปัญหา/อุปสรรค และข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับการผลิตแพะ

(5) วิเคราะห์ต้นทุนเฉลี่ยของการเลี้ยงแพะ ของกลุ่มเกษตรกร

2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ได้ จากการค้นหาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลจากการ สอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ มาจัดหมวดหมู่เพื่อ ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ส่วนที่ 2 การทดลอง

1. ออกแบบการทดลองเลี้ยงแพะพื้นเมืองแบบ ประณีต

ระบบการเลี้ยงแบบประณีต เป็นระบบที่เน้น การตัดพืชอาหารสัตว์มาให้กินและเสริมอาหารชั้น โดย เป็นระบบขุนและคำนวณโภชนะให้เหมาะสม อย่างไรก็ตาม สามารถปล่อยให้แพะลงแพะเล็มในแปลง หญ้าได้ เช่น 3-10 ตัว/ไร่

ดำเนินการวิจัยเป็นระยะเวลา 5 เดือน โดยอาศัย พี่เลี้ยงแพะในพื้นที่ ร่วมกับปศุสัตว์อำเภอและเครือข่าย แพะพื้นเมืองในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ทั้งหมด 1 โรงเรือน จำนวน 20 ตัว เพื่อศึกษาเปรียบเทียบน้ำหนัก แพะ สุขภาพแพะ โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 5 ตัว โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งการทดลอง ออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มเปรียบเทียบ (control group) ให้ หญ้าเนเปียร์อย่างเดียว

กลุ่มที่ 2 ให้หญ้าเนเปียร์เสริมด้วยอาหารสำเร็จรูป ทางการค้า 2% ของน้ำหนักตัว

กลุ่มที่ 3 ให้หญ้าเนเปียร์ร่วมกับอาหารชั้นสูตร A 2% ของน้ำหนักตัว

กลุ่มที่ 4 ให้หญ้าเนเปียร์ร่วมกับอาหารชั้นสูตร B 2% ของน้ำหนักตัว

สูตรอาหาร A และ B อ้างอิงจาก Table 1

วิธีการวิจัย

1. ใช้แพะพันธุ์พื้นเมือง ทั้งหมด 20 ตัว โดยแบ่ง ออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 5 ตัว โดยเลี้ยงคอกเดี่ยว ขนาด 2.0x4.0x1.0 เมตร (Figure 1) โดยให้อาหารหยาบ ที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 4 เดือน



Figure 1 A single pen measuring 2.0x4.0x1.0 meters (WxLxH)

2. ให้อาหารหยาบ 2 เวลา ในช่วงเช้าและบ่าย ส่วนอาหารเสริมหรืออาหารชั้นให้วันละ 400 กรัม การ เก็บข้อมูล ชั่งน้ำหนักแพะก่อนและหลังสิ้นสุดการทดลอง โดยจะชั่งน้ำหนักในเวลาเดียวกัน ทุก 2 สัปดาห์ คือช่วง เช้าก่อนการให้อาหาร

การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance:

ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เป็นแนวทาง มาตรฐานในงานวิจัยด้านการเลี้ยงแพะ (Sabsibe and Tadesse, 2011; FAO, 2024)

ส่วนที่ 3 การส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี

ส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเลี้ยงแพะ พื้นเมืองสู่เกษตรกรเยาวชนชนกลุ่มเปราะบางไร้งานทำ และ

ประเมินผลการวิจัยดำเนินการผ่านการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การสาธิต และการสร้างเครือข่ายเกษตรกร ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับการยืนยันในงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ (Khan and Hussein, 2021)

แผนการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย โดยมีภาคีคู่สัตรีร่วมกระบวนการ ดังนี้

1. ดำเนินการให้สภาผู้นำชุมชน คัดเลือกเยาวชนกลุ่มเปราะบางไร้งานทำในชุมชน ที่สนใจในการเลี้ยงแพะพื้นเมือง โดยแบ่งแพะให้เยาวชนกลุ่มเปราะบางรายละ 2 ตัว ประกอบด้วยเยาวชนกลุ่มเปราะบางไร้งานทำ จำนวน 4 ชุมชน ในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ประกอบด้วยปัตตานี 2 ชุมชน จำนวน 16 คน ยะลา 1 ชุมชน จำนวน 16 คน และนราธิวาส 1 ชุมชน จำนวน 12 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 44 คน แม่พันธุ์แพะพื้นเมืองผสมจำนวน 88 ตัว กลุ่มเป้าหมายเยาวชนกลุ่มเปราะบางไร้งานทำจากเดิมทั้งหมด 42 คน เพิ่มขึ้น 2 คน โดยจัดทำสัญญาการยืมเพื่อเลี้ยงผ่านสภาผู้นำชุมชน โดยมีผู้ใหญ่บ้านเป็นประธาน

2. ส่งเสริมให้เยาวชนรวมกลุ่มปลูกหญ้าเนเปียร์และผลิตอาหารหยาบด้วยวัสดุเหลือใช้ทางด้านการเกษตรในท้องถิ่นที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงแพะ

3. ส่งเสริมการเลี้ยงและเทคนิคการเลี้ยงแพะแบบประณีต เทคนิคการปลูกพืชอาหารสัตว์ เทคนิคการผลิตอาหารแพะด้วยวัสดุเหลือใช้ทางด้านการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงแพะพื้นเมือง หลังจากนั้นทำการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีกระบวนการเลี้ยงแพะที่ถูกต้องตามหลักของศาสนาอิสลามและเกษตรแบบอินทรีย์ สู่ชุมชนเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงแพะพื้นเมืองและกลุ่มผู้เลี้ยงแพะในพื้นที่กลุ่มเป้าหมาย หรือ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ตลอดจนประชาชนอื่น ๆ ที่สนใจ ด้วยวิธีการอบรมให้ความรู้ ตลอดจนลงมือปฏิบัติจริง จนกระทั่งเกษตรกรกลุ่มเป้าหมายสามารถเลี้ยงแพะแบบปลอดสารพิษได้

4. จัดทำหลักสูตรเพื่อการอบรม โดยเน้นการพัฒนาทักษะและเสริมสร้างประสบการณ์ในการเลี้ยงเทคนิคการเลี้ยงแพะแบบประณีต เทคนิคการปลูกพืชอาหารสัตว์ (หญ้าเนเปียร์)

ประเมินผลการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี

1. การพัฒนาเครือข่ายเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะดำเนินกิจกรรมเพื่อพัฒนาเครือข่าย ผลสำเร็จที่คาดว่าจะได้รับเมื่อสิ้นสุดโครงการ คือ ได้คู่มือการเลี้ยงแพะแบบประณีต ที่ง่าย สะดวก ในระดับเกษตรกรระดับสมบูรณ์ และเกษตรกรกลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจในเทคโนโลยีที่ได้รับการส่งเสริมและการถ่ายทอด มีความเข้าใจในกระบวนการเลี้ยงแพะ

2. จัดทำแบบสอบถาม เพื่อประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรกลุ่มเป้าหมายในเรื่องการส่งเสริมและถ่ายทอด ความเหมาะสมของโครงการ อุปสรรคและปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้รับ เกณฑ์หรือเงื่อนไขในการคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้เป็นผู้เลี้ยงแพะ โดยให้ผู้นำศาสนาและผู้ใหญ่บ้านเป็นผู้ร่วมพิจารณาเกณฑ์และคัดเลือก

- 1) เยาวชนในพื้นที่ “เยาวชน” คือ บุคคลผู้มียุ อายุ 18-25 ปี
- 2) มีความยากจนรายได้ในครอบครัวต่ำ ผู้ที่ได้รับชากาดในชุมชน หรือเยาวชนตกงาน
- 3) ไม่เคยได้รับโอกาสจากการเข้าร่วมโครงการปศุสัตว์หรือโครงการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงแพะ
- 4) รับรองโดยสภาชุมชนหรือสภาครู

ผู้เข้าร่วมโครงการต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขโครงการ ดังนี้

- 1) ห้ามนำแพะที่ได้จากโครงการนำไปจำหน่ายหรือนำไปบริโภค
- 2) ถ้าเปลี่ยนใจไม่อยากเลี้ยง แจ้งความจำนงต่อหัวหน้าโครงการและผู้นำชุมชนเพื่อคัดเลือกเยาวชนที่มีความต้องการจะเลี้ยงรายต่อไป

- 3) เมื่อได้ลูกแพะหรือแพะที่เกิดหลังจากดำเนินโครงการแล้วให้หักร้อยละ 10 ของราคา ที่ขายได้ให้กับกลุ่มที่เลี้ยงแพะ
- 4) มีค่าค้ำประกันแพะ ตัวละ 300 บาท หักเข้ากลุ่มฯ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลปัญหา

ส่วนที่ 1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูลสภาพการเลี้ยงแพะ สถานภาพของเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ เกษตรกรส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับประถมศึกษา มีอาชีพทำสวนยางพาราเป็นหลัก และอาชีพรับจ้าง ธุรกิจส่วนตัว มีประสบการณ์การเลี้ยงแพะเลี้ยง 5-10 ปี ร้อยละ 50 และเลี้ยง 1-5 ปี ร้อยละ 35 ร้อยละ 60 มีรายได้จากการเลี้ยงแพะ ประมาณปีละ 6,000-10,000 มีรองลงมา รายได้ประมาณ 10,000-50,000 บาท เกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงแพะเพื่อหารายได้ร้อยละ 56.2 รองลงมาเลี้ยงเพื่อใช้ประกอบพิธีกรรมทางศาสนาอิสลามร้อยละ 37.8 และเลี้ยงเพื่อบริโภคในครัวเรือนเพียงร้อยละ 6.2 จะเห็นได้ว่าชาวมุสลิมส่วนใหญ่เลี้ยงแพะด้วยวัตถุประสงค์เพื่อหารายได้ และนำมาบริโภคเฉพาะบางเทศกาลประเพณีของมุสลิมเท่านั้น จากการสำรวจพบว่ากลุ่มเกษตรกรในอำเภอแม่ลานส่วนใหญ่เลี้ยงแพะพันธุ์พื้นเมือง และรองลงมาเป็นพันธุ์ผสมซาแนนและพันธุ์บอร์ จากการสอบถามรูปแบบวิธีการเลี้ยงแพะของกลุ่มเกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงแบบปล่อยฝูงหรือการเลี้ยงแพะแบบขังสลับปล่อย รองลงมาเลี้ยงแบบขังรวมและเลี้ยงแบบผูกกลุ่ม เกษตรกรใช้วิธีไล่ต้อนแพะไปเลี้ยงตามที่สาธารณะหรือตามข้างถนนเพื่อกินหญ้า ไล่ต้อนวันละ 1 ครั้ง คือช่วงบ่ายเวลา 15.00-17.30 น. เมื่อกลับถึงคอกมีอาหารเสริมด้วยแร่ธาตุและหญ้าสดบ้างเป็นบางครั้ง และส่วนใหญ่เกษตรกรไม่มีแปลงหญ้า ทำการขยายพันธุ์แพะด้วยวิธีใช้พ่อ-แม่พันธุ์

ปัญหาด้านอาหารสัตว์ เกษตรกรโดยส่วนใหญ่เลี้ยงแพะโดยใช้อาหารที่มีจำหน่ายและอาหารตาม

ที่สาธารณะ พบว่ากลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะประสบปัญหาส่วนใหญ่เกี่ยวกับอาหารชั้นที่มีราคาแพง เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่า แพะ 1 ตัวจะกินอาหารร้อยละ 30 ของน้ำหนักตัว/วัน เฉลี่ยน้ำหนักแพะ 25 กก. กินอาหาร 0.75 กก./วัน ราคาอาหารชั้นเฉลี่ย 15 บาท/กิโลกรัม แสดงว่าแพะกินอาหารเฉลี่ย 11.25 บาท/ตัว/วัน ถ้าแพะ 20 ตัว ค่าอาหารต่อเดือน 6,750 บาท ปัญหารองลงมา คือ ทุ่งหญ้าสาธารณะมีน้อย และอาหารหายขาดไม่มีคุณภาพและไม่เพียงพอ โดยมีรูปแบบการเลี้ยงแพะ ดังนี้

1. การเลี้ยงแบบปล่อยอิสระ (free-range system) ซึ่งเกษตรกรรายย่อยมักเลี้ยงแพะ 1-5 ตัว เป็นอาชีพเสริม และปล่อยให้แพะหาอาหารเองตามธรรมชาติ หรือในแปลงหญ้าสาธารณะ (Department of Livestock Development, 2023) อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดด้านพื้นที่และปริมาณอาหาร มักทำให้แพะเจริญเติบโตช้า และหากมีการรับซื้อแพะจำนวนมาก แพะที่เลี้ยงอาจไม่เพียงพอ กับความต้องการของตลาด ส่งผลให้เกษตรกรต้องขายในราคาต่ำ การรวมกลุ่มเกษตรกรจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มอำนาจต่อรองกับพ่อค้ารับซื้อ (Massachusetts Institute of Technology D-Lab & Heifer International, 2016)

2. ระบบการเลี้ยงแบบใช้แปลงหญ้า (pasture-based system) เป็นที่นิยมในต่างประเทศ โดยใช้สัดส่วน 1 ตัวต่อ 1 ไร่ แต่ในประเทศไทยมักปรับเป็น 3-10 ตัวต่อไร่ เนื่องจากข้อจำกัดด้านที่ดิน (Ministry of Agriculture and Fisheries, n.d.) ระบบนี้ช่วยลดต้นทุนอาหารได้ถึง 40% และเพิ่มผลผลิตหญ้าเนเปียร์ได้ 25-30% หากมีการจัดการแปลงหญ้าแบบหมุนเวียน (Urošević *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตาม ต้องมีการป้องกันปัญหาโรคพยาธิและความเสื่อมโทรมของดิน

3. ระบบกึ่งประณีต (semi-intensive system) เป็นการผสมผสานระหว่างการปล่อยแพะเล็ม 4-6 ชั่วโมงต่อวัน กับการขุนคอกและเสริมอาหาร โดยพบว่าเกษตรกรที่ใช้ระบบนี้สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของแพะได้ 15-20% หากมีการเสริมอาหารชั้นสูตรเฉพาะ

(Gómez-Limón and Riesgo, 2012) แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในการคำนวณสัดส่วนอาหารที่เหมาะสมกับน้ำหนักตัวแพะ

4. ระบบประณีต (intensive system) เน้นการตัดหญ้าและเสริมอาหารชั้นตามหลักโภชนาการ แม้จะมีต้นทุนอาหารสูงถึง 70% ของต้นทุนทั้งหมด แต่สามารถลดต้นทุนได้ด้วยการใช้หญ้าเนเปียร์ผสมกากปาล์ม การทดลองเปรียบเทียบสูตรอาหาร เช่น สูตร A (โปรตีน 14%) และสูตร B (ไฟเบอร์สูง) ช่วยให้สามารถเลือกสูตรที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และวัตถุดิบที่มี

5. ระบบฟาร์มผสมผสาน (integrated farming system) เป็นการเชื่อมโยงการปลูกพืชกับการเลี้ยงแพะ เช่น การใช้เศษใบยางพาราและกากปาล์มเป็นอาหารแพะ และการนำมูลแพะไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์สำหรับปลูกหญ้า

เนเปียร์ สร้างระบบ zero waste ซึ่งช่วยลดต้นทุนอาหารได้ 18–22% และเพิ่มรายได้เสริมให้กับครัวเรือน (Kongkaew, 2020)

ส่วนที่ 2 ออกแบบการทดลองเลี้ยงแพะพื้นเมืองแบบประณีต ระบบการเลี้ยงแบบประณีต เป็นระบบที่เน้นการตัดพืชอาหารสัตว์มาให้กินและเสริมด้วยอาหารชั้น โดยเป็นระบบขุนและคำนวณโภชนาให้เหมาะสม อย่างไรก็ตาม สามารถปล่อยให้แพะลงทะเล็มในแปลงหญ้าได้ เช่น 3–10 ตัว ต่อไร่

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาอาหารสัตว์ใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Proximate (Proximate Analysis) ซึ่งหมายถึง ค่าที่วิเคราะห์ได้โดยประมาณ ผลการวิเคราะห์ดัง Table 1

Table 1 Nutritional values of various goat feed formulations

Nutrition	Formula A	Formula B	Fresh Napier grass	Fermented Napier grass
Crude Protein, CP (%)	13.8	15.2	9.8	10.2
Ether Extract, EE (%)	8.1	4.5	0.6	0.7
Crude Fiber, CF (%)	10.2	9.4	33.2	32.1
Moisture (%)	40–50	40–50	9.3	9.9

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาอาหารสัตว์ (Table 1) โปรตีนหยาบ (Crude Protein, CP) พบว่าสูตรอาหารชั้น B มีโปรตีนหยาบสูงที่สุด (15.2%) รองลงมาคือ สูตร A (13.8%) ในขณะที่หญ้าเนเปียร์สดและหมักมีโปรตีนต่ำกว่า (9.8 และ 10.2% ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Urošević *et al.* (2020) ที่ระบุว่าอาหารชั้นที่มีโปรตีนสูงจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในแพะขุนและแพะนม โดยระดับโปรตีนที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 12–16% สำหรับแพะที่อยู่ในช่วงเจริญเติบโตหรือให้นม ส่วนไขมัน (Ether Extract, EE) สูตร A มีปริมาณไขมันสูงกว่า (8.1%) เมื่อเทียบกับสูตร B (4.5%) และหญ้าเนเปียร์

ทั้งสองรูปแบบ (0.6–0.7%) ซึ่งไขมันในอาหารมีความสำคัญต่อการให้พลังงานและช่วยดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน การมีไขมันสูงในสูตร A จึงเหมาะสำหรับแพะที่ต้องการพลังงานสูง เช่น แม่แพะให้นมหรือแพะขุนที่ต้องการเร่งโต โยหยาบ (Crude Fiber, CF) พบว่าหญ้าเนเปียร์สดและหมักมีโยหยาบสูงมาก (33.2 และ 32.1% ตามลำดับ) ขณะที่สูตรอาหารชั้นมีโยหยาบต่ำกว่า (10.2 และ 9.4% ตามลำดับ) โยหยาบสูงมีความสำคัญต่อการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องและการทำงานของระบบทางเดินอาหารในแพะ แต่หากมากเกินไปอาจลดการกินอาหารและลดอัตราการเจริญเติบโต (Gómez-Limón and Riesgo, 2012) ส่วนความชื้น (Moisture) สูตรอาหาร

ชั้นทั้งสองมีความชื้นสูง (40–50%) ซึ่งอาจมีผลต่อการเก็บรักษา หากความชื้นสูงเกินไปอาจเกิดเชื้อราและลดคุณค่าทางโภชนาการ ขณะที่หญ้าเนเปียร์สดและหมักมีความชื้นต่ำกว่า (9.3–9.9%) ซึ่งเหมาะกับการเก็บรักษาในระยะยาว เมื่อทำการเปรียบเทียบหญ้าเนเปียร์หมักเทียบกับสด การหมักหญ้าเนเปียร์ช่วยเพิ่มโปรตีนหยาบเล็กน้อย (จาก 9.8 เป็น 10.2% ตามลำดับ) และช่วยปรับปรุงคุณภาพการย่อยได้ของอาหารหยาบ ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีในช่วงฤดูแล้งหรือเมื่อขาดแคลนอาหารสด (Santoso *et al.*, 2024)

จากการศึกษาพบว่าการใช้สูตรอาหารชั้นที่มีโปรตีน 14–16% (เช่น สูตร B) ร่วมกับหญ้าเนเปียร์หมัก

จะช่วยให้แพะได้รับสารอาหารครบถ้วนและเหมาะสมกับความต้องการในแต่ละช่วงการผลิต สำหรับฟาร์มที่ต้องการลดต้นทุน อาจใช้หญ้าเนเปียร์หมักเป็นอาหารหยาบหลัก และเสริมด้วยอาหารชั้นสูตรโปรตีนสูงในปริมาณที่เหมาะสม สูตรอาหารชั้นที่มีโปรตีนสูงและไขมันสูงเหมาะกับการเร่งโตและเพิ่มผลผลิต ส่วนหญ้าเนเปียร์สดและหมักเหมาะกับการเป็นอาหารหยาบหลัก แต่ควรเสริมอาหารชั้นเพื่อให้แพะได้รับสารอาหารครบถ้วนและเพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโตและการผลิต



Figure 2 The physical characteristics of concentrate feeds Formula A and Formula B

Table 2 Example goat feed formulation with average crude protein 13–16%

Types of expenses / Material costs	Quantity (kg)	Unit cost (THB/kg)	Total cost (THB)
Formula A (100 kg)			
50% Corn gluten meal	50	0.89	44.50
40% Cassava pulp	40	0.50	20.00
7% Rice bran	7	8.50	59.50
3% Yeast	3	75.00	225.00
Subtotal	100	-	349.00
Formula B (100 kg)			
75% Fine rice bran	75	8.00	140
10% Fish meal	10	39.00	390
12% Soybean meal	12	2.90	35
2.5% Molasses	2.5	15.00	37.50
0.5% EM (Effective Microorganisms)	0.5	20.00	10
Subtotal	100	-	632.50
➤ Total wet weight	100 kg (both formulas)		
➤ Total dry weight	~60 kg (both formulas)		
➤ Cost per kg (dry weight)	Formula A: 5.80 THB/kg Formula B: 10.54 THB/kg		
➤ Cost per kg (wet weight)	Formula A: 3.49 THB/kg Formula B: 6.33 THB/kg		

The rice bran cost in Formula B appears miscalculated (75 kg × 8 THB/kg = 600 THB, but listed as 140 THB).

Adjusted to reflect actual unit price.

สูตรอาหาร A มีต้นทุนต่ำกว่าสูตร B (Table 2) โดยเน้นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและราคาถูก เช่น กากเมล็ดข้าวโพด กากมันสำปะหลัง และปลายข้าว ซึ่งเหมาะกับการลดต้นทุนการเลี้ยงแพะในระดับพื้นฐาน สูตรนี้จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับเกษตรกรที่ต้องการควบคุมต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพ (Polviset and Prakobsaeng,

2019) สูตรอาหาร B ใช้วัตถุดิบที่มีโปรตีนสูง เช่น ปลาป่น และกากถั่วเหลือง ทำให้ต้นทุนสูงกว่าแต่ให้ผลดีต่อการเจริญเติบโตของแพะ อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้สูตรใดควรพิจารณาทั้งต้นทุน ความพร้อมของวัตถุดิบ และเป้าหมายการเลี้ยง เพื่อให้ได้สมดุลระหว่างต้นทุนและผลผลิต

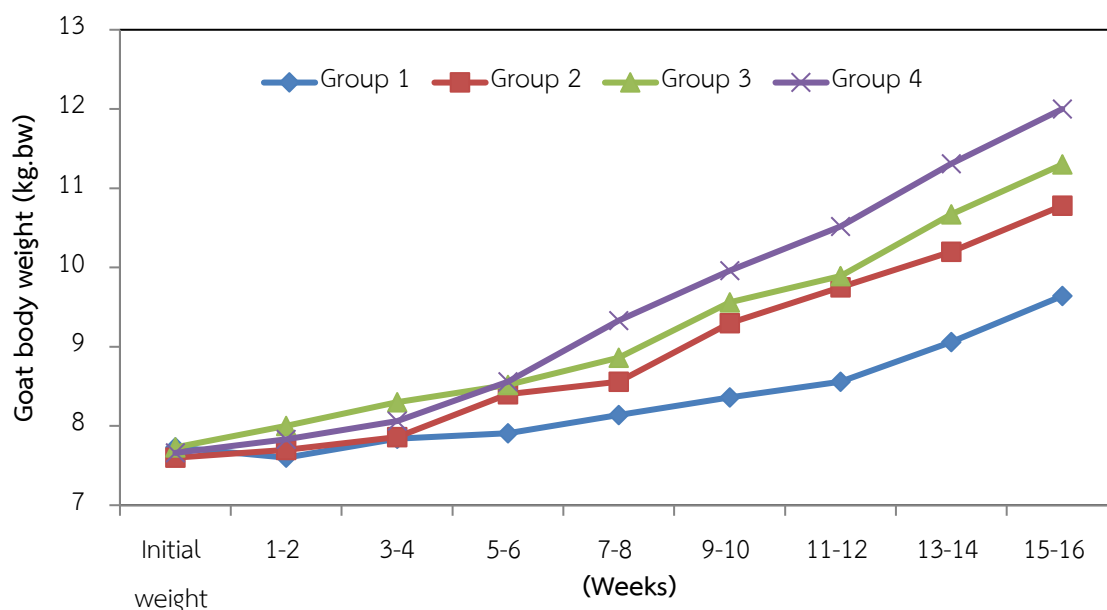


Figure 3 Compares goat weight in relation to rearing period among experimental groups

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเลี้ยงแพะกับน้ำหนักแพะในแต่ละกลุ่มการทดลอง (Figure 3) แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักแพะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทดลอง 16 สัปดาห์ โดยเริ่มต้นน้ำหนักเฉลี่ยของแพะในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันมาก อยู่ที่ประมาณ 7.68±0.81 กิโลกรัมต่อตัว อย่างไรก็ตาม หลังการทดลอง 2 สัปดาห์แรก กลุ่มที่ 1 มีน้ำหนักลดลง 1.7% ในขณะที่กลุ่มอื่นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1.30–3.37% หลังจากนั้นในสัปดาห์

ที่ 12 กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีร้อยละน้ำหนักเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน อยู่ที่ 22.05–27.19% ส่วนกลุ่มที่ 1 เพิ่มน้อยที่สุดเพียง 9.70% เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 16 กลุ่มที่ 4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด 36.17% ตามด้วยกลุ่มที่ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแต่ละกลุ่มมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักที่แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ 4 มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักดีที่สุดในช่วงการทดลองทั้งหมด น้ำหนักแพะเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองแสดงดัง Tabel 3

Tabel 3 Summarizes the initial and final weights of native goats, along with the weight gain observed during the experiment

Observation	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 4
Initial weight [kg.bw]	7.73±1.00 ^a	7.60±1.07 ^a	7.73±0.81 ^a	7.66±1.10 ^a
Final weight [kg.bw]	9.64±0.89 ^c	10.78±0.80 ^b	11.3±1.12 ^a	12.06±1.21 ^a
Increase weight [kg.bw]	1.91±0.94 ^c	3.18±0.93 ^b	3.57±0.96 ^a	4.34±1.15 ^a

a,b = Means in the same row with different superscript letters are significantly different at P<0.05.

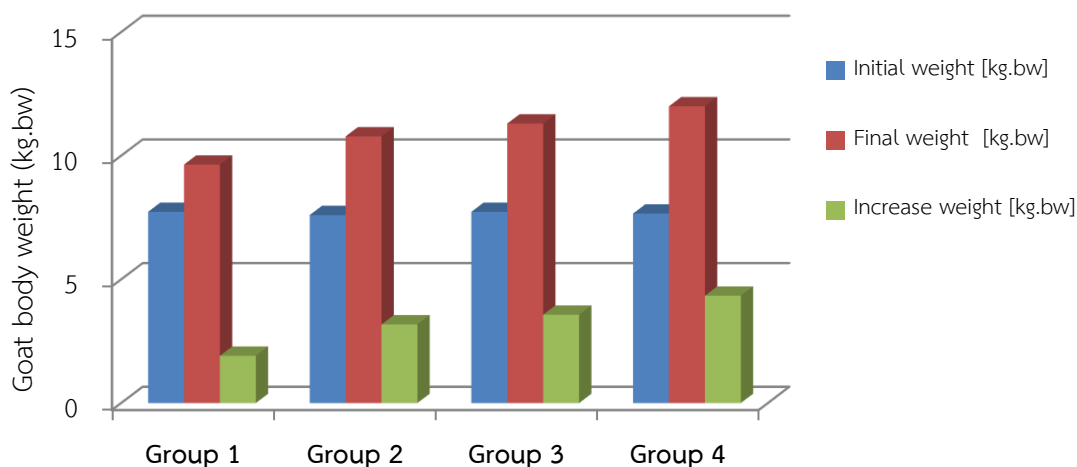


Figure 4 The biweekly weighing (8:00–9:00 AM) helped minimize variations due to feeding schedules, ensuring reliable growth trend analysis

Figure 4 กราฟน้ำหนักเฉลี่ยของแพะพื้นเมือง ก่อน-หลังการทดลองและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่า กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม (control group) ให้หญ้าเนเปียร์อย่างเดียว มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 7.73 ± 1.00 กิโลกรัมต่อตัว มีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ยที่ 9.64 ± 0.89 กิโลกรัมต่อตัว และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.91 ± 0.94 กิโลกรัมต่อตัว กลุ่มที่ 2 ให้หญ้าเนเปียร์เสริมด้วยอาหารสำเร็จรูปทางการค้า 2% ของน้ำหนักตัว พบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 7.60 ± 1.07 กิโลกรัมต่อตัว มีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ยที่ 10.78 ± 0.80 กิโลกรัมต่อตัว และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.18 ± 0.93^b กิโลกรัมต่อตัว ส่วนกลุ่มที่ 3 ให้หญ้าเนเปียร์ร่วมกับสูตรอาหารชั้นสูตรที่ A 2% ของน้ำหนักตัว พบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 7.73 ± 0.81 กิโลกรัมต่อตัว มีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ยที่ 11.3 ± 1.12 กิโลกรัมต่อตัว และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.57 ± 0.96^a กิโลกรัมต่อตัว และกลุ่มที่ 4 ให้หญ้าเนเปียร์ร่วมกับสูตรอาหารชั้นสูตรที่ B 2% ของน้ำหนักตัว พบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 7.66 ± 1.10 กิโลกรัมต่อตัว มีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ยที่ 12.06 ± 1.21 กิโลกรัมต่อตัว และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.34 ± 1.15 กิโลกรัมต่อตัว การเลี้ยงแพะพื้นเมืองที่ได้ทำการทดลองในครั้งนี้ พบว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักตัว

เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ กลุ่มที่ 4 ให้หญ้าเนเปียร์ร่วมกับสูตรอาหารชั้นสูตรที่ B 2% ของน้ำหนักตัว 4.34 ± 1.15 กิโลกรัมต่อตัว รองลงมาคือ กลุ่มที่ 3 ให้หญ้าเนเปียร์ร่วมกับสูตรอาหารชั้นสูตรที่ A 2% ของน้ำหนักตัว เพิ่มขึ้น 3.57 ± 0.96 กิโลกรัมต่อตัว และเมื่อเปรียบกับอาหารชั้นในท้องตลาดร้อยละของน้ำหนักตัว เพิ่มขึ้น 3.18 ± 0.93 กิโลกรัมต่อตัว ซึ่งถือว่าไม่ได้แตกต่างกันมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 3 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอาหารชั้นที่วิจัยปรับสูตร A และ B นั้น สามารถนำมาทดลองการเลี้ยงแพะได้ และที่สำคัญคือราคาต้นทุนอาหารค่อนข้างต่ำมาก

ส่วนที่ 2 การทดลองโดยดำเนินการวิจัยเป็นระยะเวลา 4 เดือน ศึกษาการเลี้ยงแพะรูปแบบการเลี้ยงแบบประณีต กับเครือข่ายแพะพื้นเมืองในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้จำนวน 1 โรงเรือน จำนวน 20 ตัว โดยใช้แพะพื้นเมืองตัวอย่างอายุ 6–7 เดือน ทำการตรวจหาพยาธิก่อนการทดลองศึกษาเปรียบเทียบกับน้ำหนักแพะ ระยะเวลาการเลี้ยงแพะกับน้ำหนักแพะในแต่ละกลุ่มทั้งสี่กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ (control group) ให้หญ้าเนเปียร์อย่างเดียว

กลุ่มที่ 2 ให้น้ำหญาเนเปียร์เสริมด้วยอาหารสำเร็จรูปทางการค้า 2% ของน้ำหนักตัว

กลุ่มที่ 3 ให้น้ำหญาเนเปียร์ร่วมกับสูตรอาหารชั้นสูตรที่ A 2% ของน้ำหนักตัว

กลุ่มที่ 4 ให้น้ำหญาเนเปียร์ร่วมกับสูตรอาหารชั้นสูตรที่ B 2% ของน้ำหนักตัว

ซึ่งน้ำหนักแพะก่อนการให้อาหารทุก 2 สัปดาห์/ครั้ง น้ำหนักแพะก่อนการทดลองพบว่า กลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 7.73 ± 1.00 , 7.60 ± 1.07 , 7.73 ± 0.81 และ 7.66 ± 1.10 กก./ตัว ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักเริ่มต้นของแพะ กลุ่มที่ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นน้อยที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มที่ 4, 3 และ 1 ตามลำดับ โดยรวมน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นทั้งหมด 20 ตัวเท่ากับ 7.68 ± 0.81 กิโลกรัม น้ำหนักแพะที่เกิดขึ้นช่วงเริ่มต้นสองสัปดาห์แรก พบว่ากลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.30, 3.37 และ 2.17 แต่กลุ่มที่ 1 น้ำหนักลดลงร้อยละ 1.7 จากนั้นเมื่อทำการคำนวณร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 12 พบว่าน้ำหนักกลุ่ม 2, 3, และ 4 มีร้อยละของน้ำหนักแพะไม่แตกต่างกันมากนัก เท่ากับ 22.05, 21.84 และ 27.19 ตามลำดับ แต่ละกลุ่มที่ 1 น้ำหนักเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 4 กลุ่ม เท่ากับร้อยละ 9.70 และสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 16 เมื่อคำนวณค่าร้อยละของน้ำหนักแพะที่เพิ่มขึ้นทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.81, 29.50, 31.59 และ 36.17 ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าโภชนาสูตรอาหารแพะสูตรต่าง ๆ สูตร A (ข้าวโพดหมักยีสต์) และสูตร B (รำข้าว+ปลาป่น) พบว่าโปรตีนรวม ไชมัน เยื่อใย และความชื้น สูตร A เท่ากับ 13.8, 8.1, 10.2 และ 40-50% ตามลำดับ สูตร B เท่ากับ 15.20, 4.5, 9.4 และ 40-50% ตามลำดับ ส่วนหญาเนเปียร์สด เท่ากับ 9.8, 0.6, 33.2 และ 9.3% ตามลำดับ และเมื่อนำหญาเนเปียร์ไปหมัก เท่ากับ 10.2, 10.2, 32.1 และ 9.9% ตามลำดับ จากการคำนวณต้นทุนของการผลิตอาหารชั้นสูตร A ต้นทุนเฉลี่ย 5.8 บาท/กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) 3.49 บาท/กิโลกรัม (น้ำหนักสด) ส่วนสูตร B 10.54 บาท/กิโลกรัม สูตร B

(น้ำหนักแห้ง) 6.33 บาท/กิโลกรัม (น้ำหนักสด) ส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารมากกว่าร้อยละ 50 (เปรียบเทียบราคาอาหารชั้นตามท้องตลาด)

ส่วนที่ 3 จัดโครงการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเลี้ยงแพะพื้นเมือง โดยส่งเสริมการเลี้ยงและเทคนิคการเลี้ยงแพะแบบประณีตโดยใช้พี่เลี้ยงสู่เกษตรกรเยาวชนกลุ่มเปราะบางโรงงานทำ และประเมินผลกรวิจัย ประกอบด้วย เยาวชน กลุ่มเปราะบางโรงงานทำ จำนวน 4 ชุมชน จำนวนแพะพื้นเมืองลูกผสม 88 ตัว กลุ่มเป้าหมายเยาวชนกลุ่มเปราะบางโรงงานทำทั้งหมด 44 ราย ดำเนินการให้สภาผู้นำชุมชน และส่งเสริมปลูกหญ้าเนเปียร์ ด้วยการสนับสนุนกล้าหญ้าเนเปียร์ ปุ๋ย และอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการประเมินระดับความพึงพอใจ ความรู้ความเข้าใจและการนำความรู้ไปใช้ จากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะระดับความพึงพอใจโดยรวม 3.78 ระดับมาก สรุปคือโครงการนี้การเลี้ยงแพะพื้นเมืองแบบประณีตทำให้เกิดการจ้างงานและเพิ่มรายได้แก่กลุ่มเปราะบางที่เป็นเยาวชนไม่มีงานทำในพื้นที่เป้าหมายอย่างแท้จริงได้ โดยดำเนินงานร่วมกับภาคร่วม ปศุสัตว์อำเภอ คณะกรรมการหมู่บ้าน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ต่อไป สำหรับประเด็นโจทย์วิจัยที่ทีมวิจัยสนใจจะดำเนินการในปีต่อไป จากการลงพื้นที่สำรวจชุมชนเป้าหมาย พบว่าทีมวิจัยสนใจจะดำเนินการวิจัยต่อไปในประเด็นการเลี้ยงแพะแบบประณีต โดยการเชื่อมโยงกับงานเดิมผ่านโครงการชุมชนนำอยู่ ที่มีสภาชุมชนเข้มแข็งในพื้นที่เป็นคณะทำงานร่วมการแก้ปัญหา ที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ ผ่านการดึงจุดแข็งและต้นทุนเดิมของชุมชนมาหนุนเสริมโครงการให้บรรลุตามเป้าหมาย โดยในปีนี้จะดำเนินการวิจัยมุ่งเน้นการสร้างแหล่งเรียนรู้ในชุมชนในการปรับ และรับใช้นวัตกรรมหรือเทคโนโลยีพร้อมใช้มาเพิ่มศักยภาพในการประกอบอาชีพในชุมชน การเลี้ยงแพะพื้นเมืองแบบประณีตต่อไป เพื่อความเข้มแข็งยั่งยืน มีความมั่นคงในอาชีพ สร้างฐานะและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการเลี้ยงแพะจากรูปแบบเดิมไปสู่ระบบการเลี้ยงแบบประณีตและอินทรีย์ในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และสร้างรายได้ที่มั่นคงให้กับเยาวชนกลุ่มเปราะบางที่ไม่มีงานทำจากการศึกษาพบว่า เกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่เลี้ยงแพะแบบปล่อยฝูงหรือซังสลับปล่อย โดยใช้หญ้าสาธารณะเป็นอาหารหลัก ซึ่งส่งผลให้ได้ผลผลิตต่ำและมีต้นทุนค่าอาหารสูง โดยเฉพาะอาหารชั้นที่มีราคาแพง การทดลองเลี้ยงแพะแบบประณีตด้วยอาหารสูตรเฉพาะ (สูตร A และ B) พบว่า สามารถเพิ่มน้ำหนักแพะได้อย่างมีนัยสำคัญ (สูงสุด 36.17%) และช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้มากกว่า 50% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หญ้าเนเปียร์เพียงอย่างเดียว โครงการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเลี้ยงแพะแบบประณีตให้กับเยาวชนกลุ่มเปราะบางจำนวน 44 ราย ใน 4 ชุมชน ได้รับการตอบรับเป็นอย่างดี โดยเกษตรกรมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (3.78 จาก 5) และสามารถนำความรู้ไปปฏิบัติได้จริง ส่งผลให้เกิดการจ้างงานและเพิ่มรายได้ในชุมชน เพื่อความยั่งยืนของโครงการ ควรมีการขยายผลโดยการจัดตั้งแหล่งเรียนรู้ในชุมชน พัฒนานวัตกรรมกรรมการเลี้ยงแพะอย่างต่อเนื่อง และสร้างความร่วมมือกับเครือข่ายทุกภาคส่วน ทั้งนี้ การเลี้ยงแพะแบบประณีตนอกจากจะช่วยแก้ปัญหาด้านรายได้แล้ว ยังสามารถนำไปสู่การพัฒนาอาชีพที่มั่นคงและยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรในพื้นที่ได้อย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากทุนอุดหนุนจาก สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจาก วช. ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ตลอดโครงการ ขอขอบคุณสภาผู้นำชุมชน ในพื้นที่อำเภอแม่ลาน (ปัตตานี) อำเภอเมืองยะลา (ยะลา) และอำเภอรือเสาะ (นราธิวาส) ที่อำนวยความสะดวกในการจัดกลุ่มเยาวชนไร่ร้างทำและร่วมวิเคราะห์ปัญหา รวมถึงนัดกรชุมชนและสำนักงานปศุสัตว์อำเภอที่ให้คำปรึกษาด้านการเลี้ยงแพะ

เอกสารอ้างอิง

- Department of Livestock Development. 2023. **Goat population statistics and operational plan 2023–2027**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 104 p. [in Thai]
- FAO. 2024. **Analysing data from on-farm trials: ANOVA and factorial experiments**. Retrieved from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a5abbb18-2bd2-4811-b1bef8bd1f8d4bf8/content/x5470e06.htm>
- Gómez-Limón, J.A. and L. Riesgo. 2012. Sustainability assessment of olive groves in Andalusia: a methodological proposal. **New Medit** 11(1): 39–49.

- Hamid, A.M. 2024. Assistance in fattening goat farming business: Diversification strategy and productivity improvement "Gus Shor Farm" Kanugrahan Maduran Lamongan Village, Sahwahita. **Community Engagement Journal** 1(2): 79–95. <https://doi.org/10.69965/sahwahita.v1i2.57>
- Khan, N. and M. Hussein. 2021. Analysis of profits and break even point of Jamnapari goat farming. **Journal La Lifesci.** 2(3): 8–14. <https://doi.org/10.37899/journallalifesci.v2i3.377>
- Kongkaew, P. 2020. **Community waste management and waste in goat farms.** Bangkok: National Research Council of Thailand. 144 p. [in Thai]
- Massachusetts Institute of Technology D-Lab, and Heifer International. 2016. **Needs assessment of smallholder goat farmers in Odisha, India (D-Brief).** Retrieved from [https://d-lab.mit.edu/sites/default/files/inline-files/Heifer%20Goat%20Herder%20D-Brief%20v12%20\(1\).pdf](https://d-lab.mit.edu/sites/default/files/inline-files/Heifer%20Goat%20Herder%20D-Brief%20v12%20(1).pdf)
- Mehanzel, S.H. 2012. **Impact of Goat Development Project on Livelihood Assets: The Case of Northern Red Sea Region in Eritrea.** Master Thesis. Wageningen University & Research Repository. 63 p.
- Ministry of Agriculture and Fisheries, Livestock Research Improvement Division. (n.d.). **Goat Management Systems.** Jamaica: Bodles Research Station. 8 p.
- Polviset, W. and N. Prakobsaeng. 2019. **The Comparison of Protein Sources in Total Mixed Ration in Goats.** 30 p. *In* Research Report. Maha Sarakham: Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University.
- Santoso, A.B., K. Bekzhanov, S.F. Batubara, A.R. Hasyim, S. Hidayat, V. Aryati, R.A. Saptati and N.Chairuman. 2024. Feed sufficiency model on corn-goat integration in Deli Serdang Regency North Sumatra, Indonesia. **International Journal of Design & Nature and Ecodynamics** 19(2): 639–648. <https://doi.org/10.18280/ijdne.190230>
- Sebsibe, A. and Z. Tadesse. 2011. **Design of an Experiment to Compare Performance and Meat Quality Characteristics of Three Ethiopian Goat Genotypes under Varying Nutritional Conditions: Biometrics and Research Methods Teaching Resource Case Study 13.** Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute (ILRI). 15 p.
- Urošević, M., D. Drobňjak, N. Ersoy and P. Stoji. 2020. Osnovni principi organske proizvodnje u kozarstvu [basic principles of organic goat farming]. **Veterinarska Stanica** 51(1): 87–91. <https://doi.org/10.46419/vs.51.1.9>

การลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหนอนแมลงวันลายจากระบบการจัดการขยะอาหาร
ภายใต้โคกหนองนา โมเดล จังหวัดนครพนม

Reducing Animal Feed Costs by Black Soldier Fly Larvae (BSFL) from a Food Waste
Management System under the Khok Nong Na Model in Nakhon Phanom Province

พัชชญ์พัทธ์ กิณเรศ พรพิมล ควรรณสุ และธิดารัตน์ ประพัฒน์พงษ์*

Pachchayathan Kinnares, Pornpimon Kavansu and Tidarat Paphatphong*

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48000

Research and Development Institute Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, Thailand 48000

*Corresponding author: tidart17@npu.ac.th

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-2871-6764>

Received: July 21, 2025

Revised: January 11, 2026

Accepted: January 27, 2026

Abstract

The objective of this research was to study the reduction of animal feed costs by black soldier fly derived from a food waste management system under the Khok Nong Na Model in Nakhon Phanom province, in support of sustainable development in Nakhon Phanom Province. The research activities were divided into three phases. Phase 1 focused on establishing production stability of black soldier fly through training programs and the design of a rearing system utilizing organic waste from local communities as feed materials. Phase 2 aimed to develop processes for economic sustainability by improving production procedures based on SWOT analysis results to enhance system efficiency and long-term sustainability. Phase 3 emphasized knowledge transfer and the development of community trainers, disseminating expertise on black soldier fly rearing to neighboring communities and preparing local trainers to expand the initiative through learning centers. The research results showed that after implementation in the target areas, Kutakai, Na Hua Bo, and Na Khu sub-districts, farmers were able to significantly reduce animal feed costs. Expenditures on externally purchased animal feed decreased by 50–100%. Specifically, farmers in Kutakai sub-district reduced feed costs by 50%, those in Na Hua Bo sub-district achieved a 100% reduction, and farmers in Na khu sub-district reduced feed costs by 50%. In addition, the establishment of a food waste management system and the development of community trainers for black soldier fly rearing demonstrated potential for further development as a community-based learning

innovation. Recommendations from this research include expanding the implementation to other areas to increase positive impacts and further improving food waste management processes to enhance efficiency.

Keywords: cost reduction, animal feed, black soldier fly, new Theory agriculture

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยนี้เพื่อศึกษาการลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหนอนแมลงวันลายจากระบบการจัดการขยะอาหารภายใต้ “โคก หนอง นา โมเดล” จังหวัดนครพนม สนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนในจังหวัดนครพนม การดำเนินกิจกรรมวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสร้างความมั่นคงในการผลิตหนอนแมลงวันลาย ดำเนินการอบรมและออกแบบระบบการเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย พร้อมการใช้ขยะอินทรีย์จากชุมชนเป็นวัสดุเลี้ยง ระยะที่ 2 การพัฒนากระบวนการเพื่อความมั่นคง ปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอ้างอิงผลการวิเคราะห์ SWOT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนของระบบ ระยะที่ 3 การถ่ายทอดองค์ความรู้และสร้างวิทยากรชุมชนถ่ายทอดความรู้ด้านการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายสู่ชุมชนใกล้เคียง และพัฒนาวิทยากรเพื่อขยายผลสู่ศูนย์การเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่าหลังจากดำเนินกิจกรรมในพื้นที่เป้าหมาย ได้แก่ ตำบลกุดตาไก้ ตำบลนาหัวบ่อ และตำบลนาคู่ เกษตรกรสามารถลดต้นทุนอาหารสัตว์ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารสัตว์จากภายนอกลดลงถึง 50-100% โดยตำบลกุดตาไก้ลดต้นทุนอาหารสัตว์ได้ 50% เกษตรกรตำบลนาหัวบ่อ ลดต้นทุนอาหารสัตว์ได้ 100% และตำบลนาคู่ เกษตรกรลดต้นทุนอาหารสัตว์ได้ 50% นอกจากนี้ เกิดระบบการบริหารจัดการขยะอาหารและการสร้างวิทยากรหนอนแมลงวันลาย ยังสามารถพัฒนาเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ในชุมชนได้ ข้อเสนอแนะจากการวิจัย ได้แก่ การขยายผลการดำเนินงานไปยังพื้นที่อื่นเพื่อเพิ่มผลกระทบเชิงบวก และการปรับปรุงกระบวนการจัดการขยะอาหารให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ลดต้นทุน อาหารสัตว์ หนอนแมลงวันลาย
เกษตรทฤษฎีใหม่

บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์ทั่วโลกยังได้รับผลกระทบจากวิกฤตการณ์หลังจากที่มีการแพร่ระบาดของโรคติดต่อเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม ชุมชน และสิ่งแวดล้อม เป็นอีกสาเหตุที่เพิ่มปัญหาความยากจนและความเหลื่อมล้ำทางสังคม ส่งผลต่อความมั่นคงในทุกภาคส่วนเช่น ภาคธุรกิจ ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม หลาย ๆ หน่วยงานปิดกิจการเป็นหนี้สินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้หน่วยงานภาครัฐต้องเข้ามาช่วยเหลือผ่านโครงการต่าง ๆ เช่น โครงการคนละครึ่ง ไทยชนะ สำหรับภาคการเกษตร กระทรวงมหาดไทย มอบหมายให้กรมการพัฒนาชุมชน นำนโยบายรัฐบาลที่จะสืบสาน รักษา ต่อยอด และพัฒนาประเทศตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและหลักทฤษฎีใหม่ของพระบาทสมเด็จพระชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราชบรมนาถบพิตร มาเป็นหลักในการช่วยเหลือเกษตรกร และส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ การมีส่วนร่วมของประชาชน ตามกลไกการขับเคลื่อนสืบสานศาสตร์พระราชาเพื่อการปฏิรูปประเทศ โดยใช้หมู่บ้านเป็นฐานของการพัฒนา มุ่งสร้างภูมิคุ้มกันให้ทุกคนพร้อม พัฒนาคนให้มีความรู้ และปรับตัวให้สามารถดำเนินชีวิตอย่างมีความสุข มีอาชีพ มีรายได้ ท่ามกลางวิกฤตโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ด้วยการจัดทำโครงการที่ประยุกต์การใช้ศาสตร์พระราชาและน้อมนำเอาแนวคิดและทฤษฎีการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ทรง

พระราชทานไว้ในการแก้ไขปัญหาด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์กับแนวคิดการพัฒนาพื้นที่และการออกแบบเชิงภูมิสังคมไทยเพื่อการพึ่งตนเองรองรับภัยพิบัติในรูปแบบ “โคก หนอง นา โมเดล” (Sustainable Local Economy and Self-Reliant Communities, 2022)

Community Development Office, Mueang Sukhothai District (2020) กล่าวว่า โคก หนอง นา โมเดล เป็นโครงการต่อยอดจากโครงการเศรษฐกิจพอเพียงตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาหรรษาบรมนาถบพิตร ซึ่งเป็นการผสมผสานนวัตกรรมเกษตรอินทรีย์เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องพื้นที่ทำกินที่มีจำนวนจำกัด และแก้ไขปัญหาเรื่องระบบน้ำที่ยั่งยืน โดยมีความหมาย คือ แนวทางการทำเกษตรอินทรีย์และการสร้างชีวิตที่ยั่งยืน เป็นระบบการจัดการพื้นที่ดินให้พอเหมาะกับพื้นที่การเกษตร ซึ่งเป็นการผสมผสานเกษตรทฤษฎีใหม่เข้ากับภูมิปัญญาพื้นบ้านที่อยู่อย่างสอดคล้องกับธรรมชาติในพื้นที่นั้น ๆ โคก หนอง นา โมเดล เป็นระบบที่ทำให้ธรรมชาติจัดการตัวมันเองได้ โดยมีมนุษย์ส่งเสริมให้สำเร็จเร็วขึ้น สอดคล้องกับ National Electronics and Computer Technology Center (2017) กล่าวว่า โคก หนอง นา โมเดล เป็นต้นแบบที่สถาบันเศรษฐกิจพอเพียงและมูลนิธิสิริธรรมชาติน้อมนำพระราชดำริสในพระบาทสมเด็จพระชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาหรรษาบรมนาถบพิตร ทดลองทำเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำ และพื้นที่เกษตรผสมผสานกับภูมิปัญญาพื้นบ้าน โดยแบ่งพื้นที่เป็น 30:30:30:10 คือ แหล่งน้ำ : ทำนา : โคกหรือป่า : ที่อยู่อาศัยและเลี้ยงสัตว์ เช่น ไร่ ปลูก กล้วย กล้วย เป็นต้น ซึ่งเป็นการพึ่งพาตนเองบนฐานทรัพยากรที่ตนเองมีอยู่

ปัจจุบันสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดนครพนม ได้ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่จังหวัด ผ่านโครงการ “พัฒนาพื้นที่ต้นแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตตามหลักทฤษฎีใหม่ ประยุกต์สู่ โคก หนอง นา โมเดล จังหวัดนครพนม” จำนวนทั้งสิ้น 337 แห่ง โดยโครงการดังกล่าวส่งเสริมให้เกษตรกรดำเนินกิจกรรม

เกษตรแบบผสมผสาน ทั้งการปลูกพืชและการเลี้ยงสัตว์ เพื่อให้เกิดการพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม จากการติดตามข้อมูลพบว่า กิจกรรมการเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาอาหารสัตว์สำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาด แม้ว่าราคาจะปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเนื่องจากเกษตรกรมองว่าอาหารสัตว์สำเร็จรูปมีความสะดวก ใช้งานง่าย และช่วยให้สัตว์เลี้ยง เช่น ปลา ไก่ เป็ด เจริญเติบโตได้รวดเร็ว ส่งผลให้สามารถจำหน่ายผลผลิตได้เร็วขึ้น แม้หลายครัวเรือนต้องกู้ยืมเงินเพื่อนำมาลงทุนในค่าอาหารสัตว์ก็ตาม ทั้งนี้เกษตรกรมุ่งหวังว่าจะได้รับรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ของตน สภาพการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า เกษตรกรจำนวนหนึ่งอาจละเลยหลักเศรษฐกิจพอเพียง โดยเฉพาะหลักการ “พึ่งพาตนเองบนฐานทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่” และอาจยังขาดองค์ความรู้ในการแปรรูปหรือประยุกต์ใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เศษพืชหรือเศษอาหารที่สามารถนำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์ทดแทนได้ ซึ่งหากมีการพัฒนาองค์ความรู้ด้านนี้ก็จะช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มความมั่นคงทางอาหาร และลดความเสี่ยงทางเศรษฐกิจของครัวเรือนได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในอีกด้านหนึ่ง ประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาขยะอาหาร (food waste) ในระดับที่น่าเป็นห่วง โดยข้อมูลจาก Pollution Control Department (2020) ระบุว่าประเทศไทยมีสัดส่วนขยะอินทรีย์สูงถึงร้อยละ 64 แต่กลับมีการนำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์เพียงเล็กน้อย เนื่องจากยังขาดระบบการคัดแยกขยะที่มีประสิทธิภาพ ทั้งระดับองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นและระดับครัวเรือน ส่งผลให้เกิดปัญหากลิ่นเหม็น การหมักหมม และภาระในการกำจัดขยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง องค์การสหประชาชาติได้ให้ความสำคัญกับประเด็นดังกล่าว โดยกำหนดให้ การลดขยะอาหาร เป็นหนึ่งในเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ตั้งเป้าลดปริมาณอาหารสูญเสียและเหลือทิ้งลงให้ได้ร้อยละ 50 ภายในปี พ.ศ. 2573 ประเทศไทยได้ดำเนินการตอบสนองเป้าหมายนี้ ผ่านแผนขับเคลื่อนการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน พ.ศ. 2560–

2579 โดยกำหนดเป้าหมายลดขยะอาหารร้อยละ 5 ต่อปี หากพิจารณาทรัพยากรที่มีอยู่ในครัวเรือนหรือในชุมชนที่ไม่มีวันหมดและไม่ต้องลงทุน คือ ขยะอาหาร (ขยะอินทรีย์) กล่าวคือ หากมีผู้บริโภคทุกวันย่อมมีเศษเหลือทิ้งทุกวัน หากไม่นำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์ ก็จะเป็นเพียงขยะที่ส่งกลิ่นเหม็นเน่า ส่งผลเสียทางด้านสิ่งแวดล้อมในชุมชน เป็นพาหะนำโรค แต่หากสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด ขยะอาหารเหล่านี้ก็คือทรัพยากรที่มีคุณค่าทั้งทางด้านอาหารสัตว์ เนื่องจากต้นทุนอาหารสัตว์สำเร็จรูปในท้องตลาดปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 50–70% ของต้นทุนการผลิตสัตว์ทั้งหมด ส่งผลให้เกษตรกรรายย่อยมีภาระค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (FAO, 2019) หากมีการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการเพิ่มมูลค่าให้กับขยะอาหาร โดยการนำขยะอาหารมาเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย ซึ่งเป็นหนอนที่มีคุณค่าทางอาหารที่สูง เช่น มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 42 มีโอเมก้า 3, 6 และ 9 มีกรดลอริกส์ (Burana and Jamjanya, 2011) ที่ทำให้สัตว์มีความแข็งแรงมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย Jai-chansukit, *et al.* (2020) พบว่าการใช้อาหารจากเศษอาหารแหล่งต่าง ๆ สามารถใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันลายเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนสูงในอาหารสัตว์ได้ หากเกษตรกรนำหนอนแมลงวันลายมาเลี้ยงสัตว์จะสามารถลดต้นทุนอาหารสัตว์ของตนเองได้ จึงมีความสอดคล้องกับหลักการของ โคก หนอง นา โมเดล คือเกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองทางด้านอาหารสัตว์ได้อย่างยั่งยืน นอกจากนี้ยังสามารถลดปัญหาขยะอินทรีย์หรือขยะอาหารได้อีกด้วย หนอนแมลงวันลายเป็นพวกกินซาก และย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ สามารถย่อยสลายมูลสัตว์และเศษซากพืชได้ จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการลดปริมาณขยะอินทรีย์ สามารถย่อยขยะอินทรีย์ได้มากถึงร้อยละ 80–90 เปอร์เซ็นต์ (Limbu *et al.*, 2022) และใช้เวลาในการย่อยสลายขยะเร็วกว่าไส้เดือนดิน ขยะอินทรีย์ที่ได้หลังจากการย่อยสลายสามารถใช้เป็นปุ๋ยสำหรับปรับปรุงบำรุงดินที่มีธาตุอาหารสูงอีกด้วย

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ดำเนินโครงการการลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหนอนแมลงวันลาย โดยบูรณาการการพัฒนาระบบบริหารจัดการขยะอาหารในกลุ่มเกษตรกรทฤษฎีใหม่ ประยุกต์สู่ “โคก หนอง นา โมเดล” เพื่อส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนในพื้นที่จังหวัดนครพนม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาระบบการจัดการขยะอาหารในกลุ่มเกษตรกรทฤษฎีใหม่ (2) ศึกษาผลของการใช้หนอนแมลงวันลายในการลดต้นทุนอาหารสัตว์ และ (3) ถ่ายทอดองค์ความรู้พร้อมสร้างเครือข่ายต้นแบบด้านการบริหารจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืนในระดับชุมชน เมื่อการดำเนินโครงการแล้วเสร็จ คาดว่าจะสามารถพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ต้นแบบด้านการลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยการเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย และสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดนครพนมสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการขยายผลสู่กลุ่มเกษตรกรทฤษฎีใหม่ ประยุกต์สู่ “โคก หนอง นา โมเดล” ในพื้นที่อื่นของจังหวัดนครพนม อันจะนำไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดต้นทุนการผลิต และการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืนในระยะยาว

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินโครงการการลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหนอนแมลงวันลายจากการพัฒนาระบบการบริหารจัดการขยะอาหารในกลุ่มเกษตรกรทฤษฎีใหม่ ประยุกต์สู่ “โคก หนอง นา โมเดล” เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน จังหวัดนครพนม มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาระบบการจัดการขยะอาหารในกลุ่มเกษตรกรทฤษฎีใหม่ 2) เพื่อศึกษาผลของการใช้หนอนแมลงวันลายในการลดต้นทุนอาหารสัตว์ 3) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้และสร้างเครือข่ายต้นแบบด้านการบริหารจัดการขยะอาหารอย่างยั่งยืน โดยการวิจัยนี้เน้นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม Participatory Action Research (PAR) เป็นกระบวนการวิจัยที่นักวิจัยและผู้ที่เกี่ยวข้องในชุมชนหรือ

กลุ่มเป้าหมายร่วมมือกันตั้งแต่ต้นจนจบ เพื่อทำความเข้าใจปัญหาและสร้างการเปลี่ยนแปลงทางสังคมให้ดีขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน PAR ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน

(1) การเลือกกลุ่มเป้าหมายในการพัฒนา คณะวิจัยเลือกจากกลุ่มเป้าหมายที่จะเข้าไปดำเนินกิจกรรม คือ เกษตรกรในกลุ่มพื้นที่ต้นแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตตามหลักทฤษฎีใหม่ ประยุกต์สู่ “โคก หนอง นา โมเดล” เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน จังหวัดนครพนม ที่เคยได้รับการสนับสนุน จากโครงการพัฒนาพื้นที่ต้นแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตตามหลักทฤษฎีใหม่ประยุกต์สู่ โคก หนอง นา โมเดล ของหน่วยงานพัฒนาชุมชนจังหวัดนครพนม จำนวน 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลกุดตาไก้ ตำบลนาหัวบ่อ และตำบลนาคู เพื่อเป็นต้นแบบ ตำบลละ 1 แห่ง

(2) ลงพื้นที่เพื่อหาโจทย์ปัญหาของกลุ่มฯ ในการพัฒนาแก้ไข้ปัญหา พบว่าโดยบริบทพื้นที่เกษตรกรภายใต้โครงการพัฒนาพื้นที่ต้นแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตตามหลักทฤษฎีใหม่ประยุกต์สู่ โคก หนอง นา โมเดล ของหน่วยงานพัฒนาชุมชนจังหวัดนครพนม บ้างก็เลี้ยงไก่ไข่ ไก่เนื้อ เป็ด กบ ปลา ฯลฯ ปัจจุบันยังต้องพึ่งพาอาหารสัตว์ทางการค้า ซึ่งมีต้นทุนโดยเฉลี่ยต่อวัน 500-700 บาท หรือเฉลี่ยต่อเดือน 15,000-21,000 บาท จึงมีความประสงค์จะลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยการทดลองเลี้ยง หนองแมลงวันลาย ซึ่งแสดงความประสงค์ผ่านหน่วยงานพัฒนาชุมชนจังหวัดนครพนม โดยส่วนใหญ่เกษตรกรได้รับองค์ความรู้ในเรื่องการทำปุ๋ยอินทรีย์ใช้ในพื้นที่เกษตร โคก หนอง นา โมเดล แต่ยังคงขาดองค์ความรู้ที่จะลดต้นทุนอาหารสัตว์ซึ่งมีจำนวนหลากหลายในพื้นที่ของตนเอง ทำให้เกษตรกรบางส่วนต้องหยุดเลี้ยงสัตว์เพราะแบกรับต้นทุนค่าอาหารไม่ไหว จึงทำให้โครงการ โคก หนอง นา โมเดล ขาดความยั่งยืน

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินงาน

กิจกรรมการลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหนองแมลงวันลาย จากการพัฒนาระบบการบริหารจัดการขยะอาหารในกลุ่มเกษตรทฤษฎีใหม่ ประยุกต์สู่ “โคก หนอง

นา โมเดล” จังหวัดนครพนม ดำเนินการโดยเริ่มจาก

(1) ชี้แจงและทำความเข้าใจบริบทปัญหาต้นทุนอาหารสัตว์ภายในพื้นที่กลุ่มเป้าหมาย พร้อมทั้งร่วมกันระดมความคิดเห็นเพื่อกำหนดกิจกรรมให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และศักยภาพของเกษตรกร บูรณาการทำงานร่วมกับภาคีเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดนครพนม องค์การบริหารส่วนตำบลหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ กลุ่มเกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจชุมชน และสถาบันการศึกษาในพื้นที่ เพื่อร่วมกันวางแผนการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการจัดการขยะอาหาร การเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย และแนวทางการนำผลผลิตหนอนแมลงวันลายไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ ทั้งนี้ การทำงานร่วมกับภาคีในหลายระดับมีส่วนสำคัญต่อการทำให้กิจกรรมบรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลสัมฤทธิ์ในเชิงพื้นที่

(2) อบรมให้ความรู้เรื่องหลักการ ประโยชน์ และการใช้นวัตกรรมการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายเพื่อลดต้นทุนอาหารสัตว์ พร้อมร่วมออกแบบกำหนดรูปแบบการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายให้เหมาะสมกับพื้นที่ตนเอง

(3) อบรมวิธีการใช้หนอนแมลงวันลายเพื่อการเลี้ยงสัตว์ของตนเองอย่างถูกต้อง เช่น ระบบให้อาหารอย่างเหมาะสมกับบริบทพื้นที่เกษตรกร

(4) อบรมการนำขยะอินทรีย์ (ทรัพยากรจากขยะอาหาร) ในชุมชนมาเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย เพื่อลดต้นทุนอาหารสัตว์ พร้อมร่วมสร้างรูปแบบกระบวนการจัดการขยะอาหารให้เหมาะสมกับพื้นที่ของตนเอง

(5) ติดตามผลการดำเนินงานด้วยการทำ SWOT เพื่อหาแนวทางส่งเสริมการใช้หนอนแมลงวันลายเพื่อลดต้นทุนอาหารสัตว์อย่างยั่งยืน

(6) นำผล SWOT มาพัฒนา ปรับปรุง กระบวนการเพื่อการลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหนอนแมลงวันลายในชุมชนอย่างยั่งยืน

(7) ถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนข้างเคียง หรือหน่วยงานที่สนใจอย่างน้อย 1 แห่ง

(8) สร้างวิทยากรด้านหนอนแมลงวันลายเพื่อลด

ต้นทุนอาหารสัตว์ให้กลุ่มเกษตรกรทฤษฎีใหม่ จังหวัดนครพนม เพื่อพัฒนาสู่ศูนย์การเรียนรู้ ผู้วิจัยจำแนกการดำเนินกิจกรรมออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 กระบวนการผลิตที่เน้นความมั่นคงให้เกษตรกรต้นแบบ กลุ่ม โคก หนอง นา โมเดล ซึ่งมีองค์ความรู้ที่นำมาถ่ายทอด ดังนี้ 1) อบรมให้ความรู้เรื่องหลักการ ประโยชน์ และการใช้วัตกรรมการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายเพื่อลดต้นทุนอาหารสัตว์พร้อมร่วมออกแบบกำหนดรูปแบบการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายให้เหมาะสมกับพื้นที่ตนเอง 2) อบรมวิธีการใช้หนอนแมลงวันลายเพื่อการเลี้ยงสัตว์ของตนเองอย่างถูกต้อง เช่น ระบบให้อาหารอย่างเหมาะสมกับบริบทพื้นที่เกษตรกร 3) อบรมการนำขยะอินทรีย์ (ทรัพยากรจากขยะอาหาร) ในชุมชนมาเลี้ยงหนอนแมลงวันลายเพื่อลดต้นทุนอาหารสัตว์ พร้อมร่วมสร้างรูปแบบกระบวนการจัดการขยะอาหารให้เหมาะสมกับพื้นที่ของตนเอง 4) ติดตามผลการดำเนินงานด้วยการทำ SWOT เพื่อหาแนวทางส่งเสริมการใช้หนอนแมลงวันลายเพื่อลดต้นทุนอาหารสัตว์ อย่างยั่งยืน

ระยะที่ 2 กระบวนการที่จะนำพากลุ่มให้มีความมั่นคงซึ่งมีองค์ความรู้ที่นำมาถ่ายทอด ดังนี้ 1) นำผล SWOT มาพัฒนาปรับปรุงกระบวนการ เพื่อการลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหนอนแมลงวันลายในชุมชนอย่างยั่งยืน

ระยะที่ 3 กระบวนการที่นำพากลุ่มไปสู่ความยั่งยืน ซึ่งมีองค์ความรู้ที่นำมาถ่ายทอด ดังนี้ 1) ถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนข้างเคียง หรือหน่วยงานที่สนใจอย่างน้อย 1 แห่ง 2) สร้างวิทยากรด้านหนอนแมลงวันลายเพื่อลดต้นทุนอาหารสัตว์ให้กลุ่มเกษตรกรทฤษฎีใหม่ จังหวัดนครพนม เพื่อพัฒนาสู่ศูนย์การเรียนรู้ 3) บูรณาการร่วมกับภาคีเครือข่าย สำหรับโครงการนี้ได้บูรณาการร่วมกับ สำนักงานพัฒนาชุมชน สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และหน่วยงานท้องถิ่นทั้ง 4 แห่ง และ 4) เผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้จากโครงการผ่านสื่อออนไลน์ เช่น You Tube เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 การติดตามและการประเมินผล

1. เครื่องมือติดตามและประเมินผล
 - 1.1 SWOT สำหรับประเมินกระบวนการและผลลัพธ์
 - 1.2 แบบสอบถามผ่าน Google Forms สำหรับเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายต้นทุนอาหารสัตว์และความต้องการของเกษตรกร
 - 1.3 แบบสอบถามมีการประเมินความตรงประเด็นกับวัตถุประสงค์โดยผู้เชี่ยวชาญ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยแต่ละข้อมีค่า ≥ 0.75
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
 - 2.1 เชิงคุณภาพ: ระดมสมอง (focus group) และ SWOT
 - 2.2 เชิงปริมาณ: แบบสอบถามก่อน-หลัง ดำเนินโครงการ
3. การวิเคราะห์ข้อมูล
 - 3.1 ใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics)
 - 3.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลก่อน-หลังโครงการเพื่อประเมินผลกระทบของการลดต้นทุนอาหารสัตว์
 - 3.3 ข้อมูลเชิงคุณภาพวิเคราะห์แบบเชิงเนื้อหา (thematic analysis) เพื่อสรุปแนวทางและข้อเสนอแนะ
4. การสรุป การอภิปราย และข้อเสนอแนะ
 - 4.1 นำผลการวิเคราะห์มาสรุปข้อค้นพบ
 - 4.2 ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงและขยายผลโครงการต่อไป

ผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของโครงการครั้งนี้ เพื่อลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยหนอนแมลงวันลาย จากการพัฒนาระบบการบริหารจัดการขยะอาหารในกลุ่มเกษตรกรทฤษฎีใหม่ประยุกต์สู่ “โคก หนอง นา โมเดล” เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน จังหวัดนครพนม ผลจากการลงพื้นที่สำรวจ และจากแบบประเมินผลพบว่า

1. พื้นที่ตำบลกุดาไ้ อำเภอลาปลา จังหวัดนครพนม โดย นายขวัญ คุ้มหา ก่อนดำเนินงาน จ่ายค่าอาหารสัตว์ เฉลี่ย 500–1,000 บาท ต่อสัปดาห์ หรือ 2,000–4,000 บาทต่อสัปดาห์ เพื่อซื้ออาหารทางการค้า 100% ในการเลี้ยงปลา กบ เป็ด ฯลฯ เป็นต้น

หลังดำเนินงาน จ่ายค่าอาหารลดลงสัปดาห์ละ 1,000–2,000 บาท หรือลดลง 4,000–8,000 บาทต่อเดือน เนื่องจากหากเปรียบเทียบมูลค่าอาหารสัตว์ ปัจจุบันอาหารสัตว์ กิโลกรัมละ 25–30 บาท โคก หนอง นา โมเดล ต้นแบบ สามารถผลิตหนอนได้เฉลี่ย 4–5 กิโลกรัมต่อวัน (มูลค่าตัวหนอนแมลงวันลายปัจจุบัน กิโลกรัมละ 200 บาท) นอกจากนี้มูลหนอนยังสามารถนำไปใช้ในแปลงเกษตรได้อีกด้วย

2. พื้นที่ตำบลบ้านกลาง อำเภอมือง จังหวัดนครพนม โดย นายเสนอ ลาภะ ก่อนดำเนินงาน จ่ายค่าอาหารสัตว์ เพื่อซื้ออาหารทางการค้า 100% ในการเลี้ยงปลาและไก่ คิดเป็นค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 500–1,000 บาทต่อวัน หรือ 15,000–30,000 บาทต่อเดือน

หลังดำเนินงาน จ่ายค่าอาหารลดลง 250–500 บาทต่อวัน หรือลดลง 7,500–15,000 บาทต่อเดือน หากเปรียบเทียบมูลค่าอาหารสัตว์ ปัจจุบันอาหารสัตว์ กระสอบละ 250 บาท มี 12 กิโลกรัม ทาง โคก หนอง นา โมเดล ต้นแบบ สามารถผลิตหนอนได้เฉลี่ย 10 กิโลกรัมต่อวัน (มูลค่าตัวหนอนแมลงวันลายปัจจุบัน กิโลกรัมละ 200 บาท) นอกจากนี้มูลหนอนยังสามารถนำไปจำหน่าย กระสอบละ 160 บาท หนอน 100 ตัว 20 บาท

3. พื้นที่ตำบลนาหัวบ่อ อำเภอโพนสวรรค์ จังหวัดนครพนม โดย นายไมตรี เขียวโป ก่อนดำเนินงาน จ่ายค่าอาหารสัตว์น้อยกว่า 500 บาท เนื่องจากใช้เศษอาหาร หรือถ้าไม่มีก็ให้สัตว์หากินเองตามธรรมชาติ

หลังดำเนินงาน ลดค่าอาหารสัตว์ 100% โดยใช้หนอนแมลงวันลายเพียงอย่างเดียว ในการเลี้ยงปลา เป็ด และห่าน แต่ปัญหาคือเศษอาหารที่นำมาเลี้ยงหนอนมีไม่เพียงพอ

4. พื้นที่ตำบลนาคู อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม โดย นายสมเด็จ ธ.น.กรม ก่อนดำเนินงาน ต้นทุนโดยเฉลี่ยต่อวัน 500–700 บาท หรือเฉลี่ย 15,000–21,000 บาทต่อเดือน เพื่อซื้ออาหารทางการค้า 100% ในการเลี้ยงปลา กบ และไก่

หลังดำเนินงาน ลดค่าอาหารสัตว์ 50% หรือจ่ายค่าอาหารสัตว์รายเดือนเหลือเพียง 5,000 บาทต่อเดือน เน้นใช้หนอนแมลงวันลายเลี้ยงไก่ เนื่องจากปริมาณหนอนยังไม่มากพอที่จะเลี้ยงปลาในพื้นที่ แต่มีแนวคิดขยายผลในพื้นที่ให้เพียงพอ

ผลการวิจัยที่นำไปสู่ความยั่งยืน โครงการนี้ได้มีการบูรณาการร่วมกับหน่วยงานภาคีหลักสำนักงานพัฒนาชุมชน สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นครพนม หน่วยงานท้องถิ่นทั้ง 4 แห่ง คือ อบต. กุดาไ้ อบต. นาหัวบ่อ อบต. นาคู และเทศบาลตำบลบ้านกลาง ในพื้นที่เป้าหมายทั้ง 4 แห่ง นอกจากนี้ยังมีคู่มือการเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย และเพจการเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย ให้กับผู้ที่สนใจได้ทำการศึกษา เพื่อนำองค์ความรู้ไปใช้ในการลดต้นทุนอาหารสัตว์ในพื้นที่การเกษตรของตนเอง

กิจกรรมติดตามผลการดำเนินงานด้วย SWOT

1. พื้นที่ตำบลกุดาไ้ อำเภอลาปลา จังหวัดนครพนม จุดแข็ง (Strengths) ดังนี้ 1) เป็นศูนย์การเรียนรู้ 2) เกษตรกรสนใจเลี้ยงหนอนแมลงวันลายเพื่อลดต้นทุน 3) มีพื้นที่สำหรับเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย 4) มีเศษอาหารในชุมชน จุดอ่อน (Weaknesses) ดังนี้

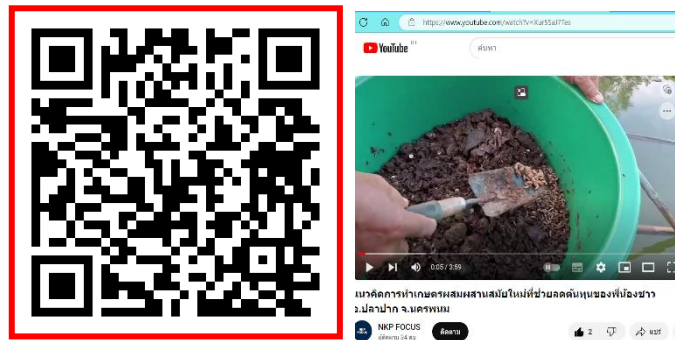
1) ไม่มีเวลาไปปรับเศษอาหาร 2) เกิดการแข่งขันในการใช้เศษอาหารจากวัดกับเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในชุมชน โอกาส (Opportunities) ดังนี้ 1) มีหน่วยงานท้องถิ่นพร้อมสนับสนุน 2) อาหารสัตว์มีความต้องการมากในเกษตรกรพื้นที่ 3) สามารถลดต้นทุนได้มากกว่าร้อยละ 50 เนื่องจากอาหารการค้ำ กิโลกรัมละ 25-30 บาท อุปสรรค (Threats) ดังนี้ 1) การรวบรวมเศษอาหารด้วยตนเองยังมีข้อจำกัดด้านเวลาในการไปจัดเก็บ

2. พื้นที่ตำบลบ้านกลาง อำเภอมือง จังหวัดนครพนม จุดแข็ง (Strengths) ดังนี้ 1) ลดต้นทุนอาหารสัตว์ 2) สามารถเป็นศูนย์เรียนรู้ให้กับชุมชน 3) มีรายได้เพิ่มจากการขายตัวหนอนและมูลหนอน 4) เจริญเติบโตเร็วมาก 5) มีคุณค่าทางอาหารสูง 6) ตายยาก จุดอ่อน (Weaknesses) ดังนี้ 1) กินอาหารเยอะมาก 2) ต้องจำกัดการให้อาหารไก่ไข่ โอกาส (Opportunities) ดังนี้ 1) รายได้เสริม (100 ตัว ราคา 20 บาท มูลหนอนกระสอบละ 160 บาท) 2) สร้างมูลค่าให้กับเศษอาหาร 3) เป็นแหล่งเรียนรู้ 4) เลี้ยงง่าย ต้นทุนต่ำ 5) ลดเศษอาหารให้ชุมชน 6) ไก่ชอบหนอนมากไม่ยอมกินอย่างอื่น อุปสรรค (Threats) ดังนี้ 1) ยังไม่มีอยู่ระหว่างเรียนรู้ เนื่องจากแก้ไขได้ระหว่างเลี้ยง 2) ต้องการขยายเพิ่ม

3. พื้นที่ตำบลนาหัวบ่อ อำเภอโพนสวรรค์ จังหวัดนครพนม จุดแข็ง (Strengths) ดังนี้ 1) มีหนอนแมลงวันจำนวนมาก 2) ได้รับความร่วมมือในการเลี้ยงจากคนในครอบครัว 3) เกิดความชอบ มีความสุข 4) ลดรายจ่ายในการซื้ออาหารสัตว์ 5) เกิดอาชีพใหม่ จุดอ่อน (Weaknesses) ดังนี้ 1) อาหารหนอนไม่เพียงพอต่อการเลี้ยงหนอน 2) อยู่ใกล้ชุมชน ทำให้หาเศษอาหารลำบาก 3) ผู้เลี้ยงเป็นโรคเบาหวาน ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ในการนำเศษอาหารไปเลี้ยงหนอนแมลงวัน โอกาส

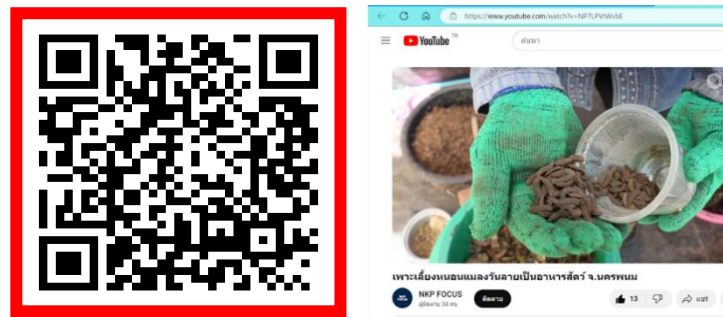
(Opportunities) ดังนี้ 1) เพื่อนบ้านให้ความสนใจในการเลี้ยงหนอนแมลงวัน 2) ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ 3) ได้รับความรู้ใหม่เพิ่มจากการทดลองเลี้ยงหนอนแมลงวัน อุปสรรค (Threats) ดังนี้ 1) มีสัตว์ต่าง ๆ มารบกวนบริเวณเลี้ยงหนอนแมลงวัน เช่น มด จิ้งจก กิ้งก่า และมีสุนัขมากัดตาข่าย

4. พื้นที่ตำบลนาคู อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม จุดแข็ง (Strengths) ดังนี้ 1) มีเศษอาหารจำนวนมากเพียงพอต่อการเลี้ยงหนอน 2) มีบุคลากรในครัวเรือนเพียงพอต่อการเลี้ยงและดูแลหนอนแมลงวัน 3) มีความชอบในการดูแลและเลี้ยงหนอนแมลงวัน 4) ลดรายจ่ายในการซื้ออาหารสัตว์ เนื่องจากใช้หนอนแมลงวันในการเลี้ยงสัตว์ เช่น ใช้เลี้ยงปลา 5) เกิดความสามัคคีในครอบครัวเนื่องจากต้องช่วยกันดูแลหนอนแมลงวัน 6) ช่วยกำจัดขยะในครัวเรือน จุดอ่อน (Weaknesses) ดังนี้ 1) หนอนไม่เพียงพอต่อการให้อาหารสัตว์เลี้ยง 2) แม่พันธุ์หนอนยังขยายพันธุ์ได้น้อยไม่เพียงพอต่อสัตว์เลี้ยง และสมาชิกที่ต้องการนำไปทดลองเลี้ยง 3) โรงเรือนไม่เพียงพอต่อการเลี้ยงหนอน โอกาส (Opportunities) ดังนี้ 1) มีหน่วยงานภาครัฐให้การส่งเสริมและสนับสนุน ให้ความรู้ในเรื่องการเลี้ยงหนอนแมลงวัน เช่น มหาวิทยาลัยนครพนม พัฒนาชุมชนจังหวัดนครพนม องค์การบริหารส่วนตำบล 2) คนในชุมชนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในเรื่องการให้เศษอาหารเพื่อนำไปเลี้ยงหนอนแมลงวัน 3) ชุมชนใกล้เคียงต้องการหนอนแมลงวันไปเลี้ยง 4) มีช่องทางตลาดในการขายหนอนแมลงวัน อุปสรรค (Threats) ดังนี้ 1) หนอนแมลงวันยังเป็นที่น่ารังเกียจ ยังไม่ได้รับความสนใจในวงกว้าง 2) มีสัตว์เลี้ยง เช่น ไก่ เป็ด มด มารบกวนค้ำยเชื้อบ่อที่ใช้เลี้ยงหนอนแมลงวัน



https://youtu.be/Xur5Saj7Tes?si=cA_WUJ5-wDaiM9R9

Figure 1 The concept of modern mixed farming that helps reduce animal feed costs via YouTube channel

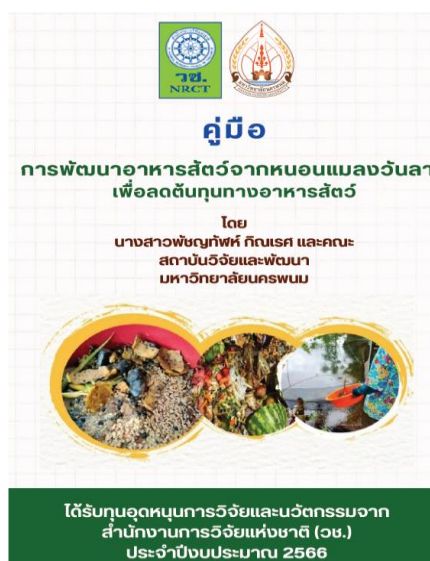


<https://youtu.be/NP7LPVrWvbE?si=wpj9wE5xNcg8A9e7>

Figure 2 Sharing knowledge on raising black soldier fly larvae as animal feed in Nakhon Phanom province via YouTube channel



Figure 3 Page center for black soldier fly larvae, Nakhon Phanom province



https://drive.google.com/file/d/1moN57aZtjMuhbX7Ap9VsdLHC26eMrZ8K/view?usp=drive_link

Figure 4 Guide to developing animal feed from black soldier fly larvae to reduce animal feed costs

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นการลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยการใช้หนอนแมลงวันลายที่ได้จากการจัดการขยะอาหารในกลุ่มเกษตรทฤษฎีใหม่ ตามแนวทาง "โคก หนอง นา โมเดล" เพื่อสร้างความยั่งยืนให้กับเกษตรกรในจังหวัดนครพนม โดยผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ลงได้ถึง 50–100% ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบการจัดการทรัพยากรแบบหมุนเวียน (circular economy) ในระดับครัวเรือนและชุมชนเมื่อพิจารณาเชิงเปรียบเทียบทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลลัพธ์สอดคล้องกับงานของ Photarin *et al.* (2020) ที่ชี้ให้เห็นว่า การนำหนอนแมลงวันลายมาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนร่วมกับวัตถุดิบพื้นบ้าน เช่น รำ ปลายข้าว ข้าวเปลือก และหญ้า สามารถลดการพึ่งพาอาหารสำเร็จรูปเชิงการค้าได้ประมาณ 50% ช่วยให้เกษตรกรลดภาระต้นทุนได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ การใช้หนอนแมลงวันลายในการจัดการขยะอินทรีย์ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะเฉลี่ย 300 บาทต่อเดือน ซึ่งเป็นผลลัพธ์

ที่สนับสนุนแนวคิด BCG (Bio-Circular-Green Economy) ที่เน้นการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรชีวภาพผ่านกระบวนการหมุนเวียนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยของ Panted *et al.* (2022) ยังพบว่าการใช้อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายอบแห้งร้อยละ 5 ร่วมกับกากถั่วเหลือง สามารถใช้เป็นอาหารไก่ไข่ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพไข่ ทั้งยังมีราคาถูกกว่าอาหารสูตรทั่วไป ซึ่งช่วยยืนยันว่าหนอนแมลงวันลายเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน ในมิติของการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) การศึกษานี้มีความสอดคล้องกับหลายเป้าหมาย ได้แก่:

- SDG 2: Zero Hunger – ส่งเสริมความมั่นคงทางอาหารให้เกษตรกรพึ่งพาตนเองได้มากขึ้น
- SDG 12: Responsible Consumption and Production – ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดขยะอินทรีย์ผ่านการแปรรูปเป็นโปรตีนมูลค่าสูง
- SDG 13: Climate Action – ลดปริมาณขยะอาหารที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายตามธรรมชาติ

- SDG 8: Decent Work and Economic Growth
- เกิดกิจกรรมเศรษฐกิจใหม่ในชุมชน เช่น การผลิตอาหารสัตว์ทดแทนและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง การใช้หนอนแมลงวันลายในการจัดการขยะอาหารและผลิตอาหารสัตว์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร เสริมรายได้ ลดต้นทุน และสร้างระบบเกษตรกรรมที่สอดคล้องกับแนวทาง BCG และ Circular Economy อย่างเป็นรูปธรรม

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย การศึกษานี้มุ่งเน้นการลดต้นทุนอาหารสัตว์ด้วยการใช้หนอนแมลงวันลายที่ได้จากการจัดการขยะอาหารในกลุ่มเกษตรกรทฤษฎีใหม่ ตามแนวทาง "โคก หนอง นา โมเดล" เพื่อความยั่งยืนของเกษตรกรในจังหวัดนครพนม จากผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ลงได้ถึง 50-100% และมีภาคีเครือข่ายในพื้นที่ร่วมพัฒนา ดังนี้ สำนักงานพัฒนาชุมชน สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นครพนม หน่วยงานท้องถิ่นทั้ง 4 แห่ง คือ อบต. กุดาไก่อบต. นาหัวบ่อ อบต. นาคู่ และเทศบาลตำบลบ้านกลางในพื้นที่เป้าหมายทั้ง 4 แห่ง อันจะนำไปสู่การความยั่งยืนและขยายผลเป็นวงกว้างในพื้นที่เกษตรกรรมมากขึ้น

ข้อดีของโครงการ

1. ลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร การใช้หนอนแมลงวันลายแทนอาหารสัตว์สำเร็จรูปช่วยลดค่าอาหารสัตว์ได้ประมาณ 50-100% จากต้นทุนปกติที่คิดเป็น 60-70% ของต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ทั้งหมด ทำให้เกษตรกรลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารสัตว์ได้อย่างชัดเจน และเพิ่มกำไรสุทธิในระดับครัวเรือน
2. ช่วยลดปัญหาขยะอาหาร ระบบบริหารจัดการขยะอาหารช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ และสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเสีย

3. เสริมสร้างองค์ความรู้ให้ชุมชน ชาวบ้านได้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในการประกอบอาชีพ

ข้อจำกัดของโครงการ

ปริมาณขยะอาหารที่ไม่แน่นอน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. สนับสนุนงบประมาณพัฒนาเครือข่ายเกษตรกรทฤษฎีใหม่ เพื่อขยายผลโครงการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายไปยังพื้นที่อื่น เนื่องจากผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรสามารถลดต้นทุนอาหารสัตว์ได้ 50-100% จึงควรมีการสนับสนุนจากภาครัฐเพื่อให้การลดต้นทุนสามารถเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง
2. ผลักดันนโยบายจัดการขยะอาหารในระดับท้องถิ่นให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดทำระบบแยกและรวบรวมขยะอาหารอย่างจริงจัง เพราะผลการดำเนินงานชี้ว่า ขยะอินทรีย์สามารถนำมาใช้เป็น "ทรัพยากรอาหารให้หนอนแมลงวันลาย" และช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ด้านสิ่งแวดล้อม
3. บูรณาการ "โคก หนอง นา โมเดล" กับการจัดการขยะอาหารและการผลิตโปรตีนทางเลือก เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหาร และเพิ่มศักยภาพการพึ่งพาตนเองของชุมชนตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1. พัฒนาระบบเก็บและจัดการขยะอาหารในระดับชุมชน ควรออกแบบระบบเก็บรวบรวมขยะอาหารในครัวเรือน ร้านค้า และโรงเรียน เพื่อให้มีกระบวนการที่ชัดเจนในการนำขยะไปใช้ในระบบเลี้ยงหนอนแมลงวันลายลดการปนเปื้อน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
2. เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหนอนแมลงวันลายตามผลวิเคราะห์ SWOT เช่น พัฒนาตู้เลี้ยงให้ควบคุม

อุณหภูมิ ความชื้น และป้องกันศัตรูธรรมชาติ รวมทั้งอบรมเกษตรกรให้มีทักษะในการปรับสูตรอาหารสัตว์จากหนอนแมลงวันลาย

3. ขยายกลุ่มเกษตรกรต้นแบบและเครือข่ายวิทยากรชุมชน เนื่องจากโครงการพบว่าสามารถสร้าง “วิทยากรชุมชน” ได้จริง ควรมีการต่อยอดสร้างชุดองค์ความรู้และคู่มือ เพื่อนำไปใช้ในศูนย์เรียนรู้และพื้นที่เกษตรใกล้เคียง

ข้อเสนอแนะเชิงวิจัย

1. ศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพสัตว์เพิ่มเติม โดยเฉพาะคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลายจากขยะอาหารแหล่งต่าง ๆ และผลต่อสุขภาพสัตว์ในระยะยาว เพื่อสร้างมาตรฐานความปลอดภัย

2. ศึกษารูปแบบการจัดการขยะอาหารที่เหมาะสมกับแต่ละชุมชน เพราะชุมชนมีบริบทต่างกัน เช่น ปริมาณขยะ ประเภทสัตว์เลี้ยง ความพร้อมของเกษตรกร จึงควรศึกษาเพื่อพัฒนาระบบที่ตรงบริบท

3. วิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน (cost-benefit analysis) ในระยะยาว เพื่อยืนยันความคุ้มค่าในการลงทุนด้านอุปกรณ์ ระบบเลี้ยง และบุคลากร และใช้เป็นหลักฐานเสนอเชิงนโยบายได้ชัดเจนขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมส่งเสริมและการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2566 ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยนครพนม ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ รวมถึงให้โอกาสในการเผยแพร่องค์ความรู้ และประชาสัมพันธ์โครงการร่วมกับมหาวิทยาลัยนครพนม

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานท้องถิ่นจังหวัดนครพนม และสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดนครพนม ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมเป็นอย่างดี ตลอดจนเกษตรกรต้นแบบทั้ง 4 แห่ง และเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมสำคัญในการดำเนินโครงการวิจัยนี้จนเกิดผลเป็นรูปธรรม ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Burana, K. and T. Jamjanya. 2011. Monitoring population, rearing, and the nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.). *KKU Research Journal Graduate Studies* 11(1): 19–26 [in Thai]
- Community Development Office, Mueang Sukhothai District. 2020. **What is the Khok-Nong-Na model?**. Retrieved from <http://district.cdd.go.th/muang-sukhothai> [in Thai]
- FAO. 2019. **The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on Food Loss and Waste Reduction**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 179 p.
- Jai-chansukit, T., P. Sittigool, S. Moonsrikeaw, A. Somjaipang and P. Bootsee. 2020. **Rearing of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae using Organic Waste as an Alternative Protein Source in Animal Feed**. 28 p. Research Report. Phra Nakhon Si Ayutthaya: Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. [in Thai]

- Limbu, S.M., N.A. Lema and H.F. Mgana. 2022. Black soldier fly larvae meal as an alternative protein ingredient in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research** 53(1): 1–15. <https://doi.org/10.1111/are.15557>
- National Electronics and Computer Technology Center. 2017. **Water management through the Khok-Nong-Na model**. Retrieved from <https://www.nectec.or.th/news/news-pr-ews/khoknongna.html> [in Thai]
- Pented, N., C. Rattanamane, T. Jaichansukkit, S. Moonsrikaew, M. Suphadee, S. Pajareon, C. Pulmar and B. Wongpom. 2022. Influence of dried black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) as a protein source on the egg quality of commercial laying hens raised in open housing systems. **Journal of Agricultural Science and Innovation** 53(3): 257–270. [in Thai]
- Photarin, S., K. Lokaewmanee, P. Ponphangnga, S. Suthibak, R. Sukthanaphirat, S. Baothong, A. Srimat, N. Chansakhathana, W. Wongnarat, P. Thaoyabut, K. Kraisarawong, S. Praphan and T. Panphotchan. 2020. **Promoting and Enhancing Farmer Capacity through Environmental Management Innovation**. 62 p. *In* Knowledge Manual for Promoting and Supporting Research on Capacity Building for Farmers through Environmental Management Innovation. Bangkok: National Research Council of Thailand (NRCT). [in Thai]
- Pollution Control Department. 2020. **Municipal solid waste management information system**. Retrieved from https://prt.parliament.go.th/items/ffc6a841-5dfd-4035-b312-e2581632caba?utm_source=chatgpt.com [in Thai]
- Sustainable Local Economy and Self-Reliant Communities. 2022. **Guidelines for the Implementation of Model Area Development Projects to Improve Quality of Life Based on the Applied New Theory Agriculture: “Khok-Nong-Na Model”**. Bangkok: Department of Community Development. 87 p. [in Thai]

การเพิ่มมูลค่าซังข้าวโพดด้วยการทำปุ๋ยหมักเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับชุมชน
ตำบลบ้านคำ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
Value-Added Composting of Corn Cobs for Environmental Solutions
in Ban Kha Subdistrict, Lampang Province

เยาวทิวา นามคุณ¹ พัฒนา กายาไชย^{2,*} รจเรจ นันตา² สุจิตรา ปันดี¹ และเกษณี อื่นอ้าย¹
Yaowatiwa Nammakhun¹, Pattana kayachai^{2,*}, Rojarej Nunta², Sujitra Pandee¹
and Kaesanee Inai¹

¹คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100

²คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100

¹Faculty of Education, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand 52100

²Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand 52100

*Corresponding author: Pudd.woody@lpru.ac.th

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0004-2517-6384>

Received: May 23, 2025

Revised: November 19, 2025

Accepted: January 12, 2026

Abstract

This research was a participatory community-based action research (CBPAR) study. The objectives were to evaluate the efficiency of compost production from corn cob residues using the non-turned Maejo Engineering Method 1 recipe in three aspects: (1) carbon sequestration and reduction of greenhouse gas emissions; (2) compost quality from different types of corn cob residues; and (3) compost production cost. The sample group included five volunteer corn farmers from Ban Kha sub-district, Mueang district, Lampang province, as well as twelve representatives from the sub-district Administrative Organization, including community development staff, village leaders, and headmen. Three types of research instruments were used: focus group record forms, experimental record forms, and questionnaires. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and content analysis. The results demonstrated that compost production was highly efficient in reducing greenhouse gas emissions, decreasing from 2,914.82 kg carbon equivalent (baseline) to only 556.59 kg carbon equivalent, a reduction of 2,358.23 kg, or 80.9%. For compost quality, pile 1 (shredded corn cobs) provided the best results, with 40.4% organic matter, meeting Grade 1 standards for most parameters, except phosphorus (P₂O₅), which was 0.23%, lower than the standard. Cost analysis showed a total production cost of 8,102 THB, or 1.69 THB per kilogram of raw material, with major cost components consisting of raw material (51.8%), labor and fuel (26.3%), equipment rental (12.3%), and

additives (9.5%). Farmers expressed a high level of satisfaction with the research findings and publication manual, with overall satisfaction rated as high.

Keywords: static pile composting Maejo Engineering Formula 1, corn stover, greenhouse gas reduction, cost analysis

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยชุมชนเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (CBPAR) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษซากซังข้าวโพดตามสูตรวิศวกรรมแม่โจ้ 1 แบบไม่กลับกอง ได้แก่ 1) การกักเก็บคาร์บอนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2) คุณภาพปุ๋ยหมักจากลักษณะเศษซากซังข้าวโพดที่แตกต่างกัน และ 3) ต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมัก กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เกษตรผู้ปลูกข้าวโพดในตำบลบ้านคำ อำเภอลำปาง จังหวัดลำปาง จำนวน 5 คน ได้มาโดยอาสาสมัคร ตัวแทนจากอบต. พัฒนาชุมชน กำนันตำบล ผู้ใหญ่บ้าน จำนวน 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชนิด ได้แก่ แบบบันทึกการประชุมกลุ่ม แบบบันทึกการทดลองและแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า การผลิตปุ๋ยหมักสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยสามารถลดจาก 2,914.82 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า (กรณีฐาน) เหลือเพียง 556.59 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า คิดเป็นการลดลง 2,358.23 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า หรือประสิทธิภาพการลด 80.9% ด้านคุณภาพปุ๋ยหมัก พบว่ากองปุ๋ยที่ 1 (ซังข้าวโพดบดย่อย) ให้คุณภาพดีที่สุดในหลายพารามิเตอร์ ยกเว้นฟอสฟอรัส (P_2O_5) ที่มีค่า 0.23% ต่ำกว่ามาตรฐาน และต้นทุนการผลิตโดยผ่านการวิเคราะห์ ต้นทุนแสดงให้เห็นว่าการผลิตปุ๋ยหมักมีต้นทุนรวม 8,102 บาท หรือ 1.69 บาทต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ โดยวัตถุดิบหลักมีสัดส่วน 51.8% ค่าแรงงานและน้ำมัน 26.3% ค่าเช่า

เครื่องบดย่อย 12.3% และวัตถุดิบเสริม 9.5% เกษตรมีความพึงพอใจต่อผลการวิจัยและคู่มือการเผยแพร่ โดยภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองวิศวกรรมแม่โจ้ 1 ซังข้าวโพด ปริมาณการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก วิเคราะห์ต้นทุน

บทนำ

สภาพการเพาะปลูกการเกษตรของจังหวัดลำปางปัจจุบัน มีการปลูกข้าวโพด ข้าว และมันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจหลัก นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 จังหวัดลำปางต้องเผชิญปัญหาความท้าทาย นอกเหนือจากปัญหาด้านทุนในการผลิตทางการเกษตรที่สูงขึ้นแล้วยังพบปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหาหมอกควัน ซึ่งเป็นปัญหาที่เรื้อรังและส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนในวงกว้าง ซึ่งในพื้นที่ภาคเหนือได้รับผลกระทบมานานนับ 10 ปี (Pookkaman and Kantasa-ard, 2018)

จังหวัดลำปางเป็นจังหวัดที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ โดยมีข้อมูลการผลิตระหว่างปี พ.ศ. 2562–2566 เริ่มจากปี พ.ศ. 2562 ผลผลิต 132,311 ตัน ซึ่งในแต่ละปี พ.ศ. 2563, 2564 2565 และ 2566 มีอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้น 0.62, 0.36, 34.9 และ 1.45% ตามลำดับ ณ ข้อมูลปี พ.ศ. 2566 พบว่ามีผลผลิตถึง 189,725 ตัน สำหรับอำเภอลำปางมีสัดส่วนการผลิต ประมาณ 4–6% ของจังหวัด เนื้อที่เพาะปลูก ประมาณ 8,000–11,000 ไร่ ผลผลิตประมาณ 6,000–8,300 ตันต่อปี ผลผลิตต่อไร่ ประมาณ

600–800 กิโลกรัมต่อไร่ (Lampang Provincial Commerce Office, 2024) พื้นที่ตำบลบ้านคำ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง มีการปลูกข้าวโพดหมุนเวียนตลอดทั้งปี หรือปลูกสลับกับการปลูกข้าวมายาวนานกว่า 15 ปี โดยมีการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ส่งให้กับสหกรณ์รับซื้อข้าวโพดสัตว์ และปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดให้กับบริษัทเอกชน จากการสุ่มสัมภาษณ์ตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดจำนวน 32 คน (Nammakhun *et al.*, 2025) พบว่าเกษตรกรมีต้นทุนจากค่าปุ๋ยและสารเคมีเฉลี่ยประมาณ 5,500 บาท/ไร่ และมีรายได้ก่อนหักค่าใช้จ่ายเฉลี่ยประมาณ 15,000 บาท/ไร่ ไม่นับรวมค่าแรงและค่าดูแลรักษาพืชของเกษตรกร โดยในแต่ละปีจะมีเศษซากซึ่งข้าวโพดมากถึงประมาณ 200 ตัน โดยมาจากข้าวโพดอาหารสัตว์ประมาณ 120 ตัน และเปลือกข้าวโพดจากการปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ประมาณ 80 ตัน โดยปกติแล้วเศษซากซึ่งข้าวโพดดังกล่าวบางส่วนจะถูกขายไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล และส่วนที่เหลือมักจะถูกทิ้งไว้เพื่อรอการเผา

จากสภาพปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องหาวิธีที่ต้องศึกษาแนวทางการลดมลภาวะที่เกิดจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเศษซากข้าวโพด นอกเหนือจากการศึกษาแนวทางการลดมลภาวะจากการเผาเศษซากข้าวโพดด้วยการทำปุ๋ยหมักแล้ว ประโยชน์สำคัญของการใช้ปุ๋ยหมัก คือ การลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร และช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน ปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองสูตรวิศวกรรมแม่โจ้ 1 เป็นนวัตกรรมการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่พัฒนาโดยคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในปี พ.ศ. 2552 โดยการทำปุ๋ยด้วยวิธีนี้จะไม่ต้องพลิกกลับกอง ประหยัดแรงงาน 70–80% ระยะเวลาการหมักปุ๋ยเสร็จใน 60 วัน คุณภาพสูง โดยผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2551 ซึ่งลักษณะการขึ้นกองปุ๋ยเป็นรูปสามเหลี่ยม ความสูง 1.5 เมตร ฐานกว้าง 2.5 เมตร เพื่อให้เกิดการพาความร้อนธรรมชาติ (natural convection) โดยอากาศร้อนจากการหมักจะลอยขึ้นด้านบน อากาศเย็นจะผ่านเข้ามา

ทางด้านข้างของกองปุ๋ย สำหรับวัตถุประสงค์และอัตราส่วนของการทำปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองนี้ ประกอบด้วยเศษซากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรต่อมูลสัตว์ประมาณ 4:1 โดยปริมาตร หรือเศษใบไม้ต่อมูลสัตว์ประมาณ 3:1 โดยปริมาตร วางเป็นชั้นบางๆ 15–17 ชั้น หนาชั้นละไม่เกิน 10 ซม

งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองที่ใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรในชุมชนในประเด็นต่าง ๆ ในประเทศไทย เช่น ประเด็นการลดต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมัก Popradit *et al.* (2022) ศึกษาการใช้เศษใบไม้เพื่อลดต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมัก โดยทดสอบในอัตราส่วนของใบไม้ต่อมูลวัว ด้วยอัตราส่วน 3:1, 4:1 และ 5:1 ตามลำดับ พบว่าสามารถลดการใช้มูลวัวได้โดยไม่กระทบคุณภาพ ประหยัดต้นทุน 40% และให้อัตราส่วนผลตอบแทนสุทธิ (NPV) ประมาณ 1,130 บาทต่อหน่วยผลิต สำหรับประเด็นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำปุ๋ยหมัก Highland Research and Development Institute (Public Organization) (2024) ได้ทำการผลิตปุ๋ยหมักจากซึ่งข้าวโพดในโครงการหลวงทั้ง 44 โครงการ สามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ 2,660 ตัน โดยสามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอน 944.16 ตันคาร์บอนเทียบเท่า สำหรับประเด็นเรื่องคุณภาพของปุ๋ยหมัก Ruairuen *et al.* (2022) ศึกษาการใช้เศษใบไม้และเปลือกทุเรียนในสุราษฎร์ธานี พบว่าระยะเวลาการทำปุ๋ยหมัก 60 วัน มีคุณภาพดีกว่า 45 วัน โดยคุณสมบัติปุ๋ยหมักดังกล่าว เช่น pH อยู่ที่ประมาณ 6.75–8.29 อินทรีย์วัตถุอยู่ที่ประมาณ 45.5–78.2%

จากการทำปุ๋ยหมักที่ใช้เศษซากวัสดุเกษตรเหลือทิ้งสามารถลดการเผา ช่วยเพิ่มคุณภาพสิ่งแวดล้อม ช่วยลดต้นทุนการใช้ปุ๋ย รวมถึงคุณภาพของปุ๋ยหมักด้วยวิธีการทำปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองสูตรวิศวกรรมแม่โจ้ 1 มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลัก คือ (1) เพื่อประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนโดยการทำปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองจากซึ่งข้าวโพดด้วยสูตรวิศวกรรมแม่โจ้ 1 (2) เพื่อศึกษา

คุณภาพปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองจากซังข้าวโพดด้วยสูตร
วิศวกรรมแม่โจ้ 1 จากลักษณะเศษซากจากซังข้าวโพด
และ (3) วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด
ผ่านการประยุกต์ใช้องค์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี
และนวัตกรรม ที่แสดงให้เห็นว่าสามารถพัฒนาและเร่ง
แก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และเป็น
แนวทางการเพิ่มมูลค่าซังข้าวโพด ด้วยการทำปุ๋ยหมักเพื่อ
แก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับชุมชน ตำบลบ้านคำ อำเภอ
เมือง จังหวัดลำปาง ตามลำดับ

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยชุมชน
เชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ
วิจัยอยู่ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการออกแบบการวิจัย
แบบมีส่วนร่วม 2) ขั้นตอนวิธีการดำเนินการทดลอง
แบบมีส่วนร่วม และ 3) ขั้นตอนการวิเคราะห์และ
สรุปผลการวิจัยแบบมีส่วนร่วม 4) การจัดเวทีประชุม
เชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ผลการวิจัยและคู่มือการผลิต
ปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพดและคืนข้อมูลชุมชน ดัง Figure 1

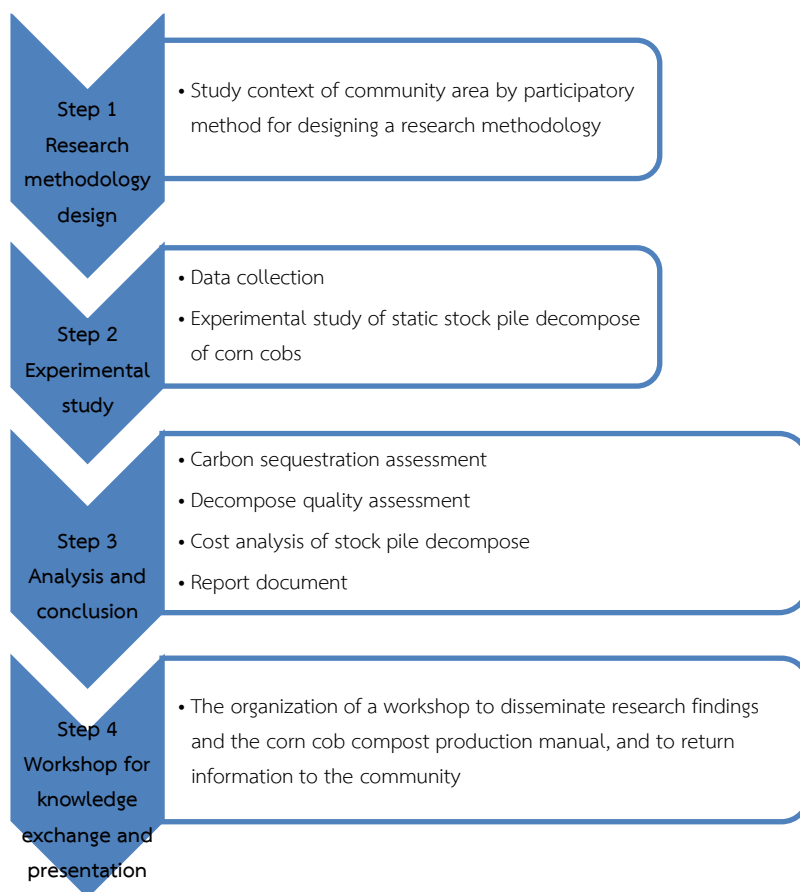


Figure 1 Framework of study

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบการวิจัย การวิจัยนี้ใช้แนวทางการวิจัยเชิงทดลองแบบมีส่วนร่วมของชุมชน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์บริบทชุมชนผ่านกระบวนการแบบมีส่วนร่วม (participatory approach) ด้วยการประชุมกลุ่ม (focus group meeting) เกษตรกร เจ้าหน้าที่ภาครัฐ ผู้นำชุมชน จำนวนทั้งสิ้น 17 คน เพื่อออกแบบการทำปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองจากขี้วัวโปก

การดำเนินการทดลองวิจัยศึกษา การดำเนินการทำกองปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกอง โดยประยุกต์ตามสูตรวิศวกรรมแม่โจ้ 1 โดยใช้วัตถุดิบหลัก คือ เศษซากขี้วัวโปก และมูลวัว โดยผสมเศษซากขี้วัวโปกและมูลวัวในอัตราส่วน 4:1 โดยปริมาตร สร้างกองปุ๋ยหมักขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1.0-1.2 เมตร โดยเทเศษวัสดุหมักปุ๋ยเป็นชั้น จำนวน 7 ชั้น พร้อมกับเติมสาร พด.1 สำหรับเร่งการย่อยสลายโดยผสมน้ำแล้วราดระหว่างชั้นในแต่ละชั้น ซึ่งจะได้กองปุ๋ยหมักลักษณะทรงปิระมิดฐานสี่เหลี่ยม และคลุมด้วยฟางเพื่อรักษาความชื้น ถือว่าเสร็จสิ้น จากนั้นระหว่างการดูแลรักษาความชื้นโดยการเติมหัวเชื้อ อี.เอ็ม. ที่ผสมกากน้ำตาลโดยการแทงน้ำเข้าไปในกอง รักษาความชื้นในกองปุ๋ยตลอดระยะเวลาการหมัก 70-80 วัน จากกองปุ๋ยหมักทั้ง 3 กอง แต่ละกองจะใช้ลักษณะเศษซากขี้วัวโปกที่แตกต่างกัน คือ กองที่ 1 ใช้เศษซากขี้วัวโปกที่ผ่านการบด กองที่ 2 ใช้เศษซากขี้วัวโปกเก่าที่ย่อยสลายบางส่วน และกองที่ 3 ใช้เศษซากขี้วัวโปกใหม่ไม่ผ่านการบด

การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย เมื่อกระบวนการทำปุ๋ยหมักดำเนินการเสร็จสมบูรณ์แล้ว เก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักส่งตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยหมักตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน บันทึกข้อมูลการทดลองอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์ข้อมูลในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การประเมินการกักเก็บปริมาณคาร์บอนตามเอกสาร LESS-WM-03 เวอร์ชัน 9 (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2025) ประเมินการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมักตามมาตรฐานกรมพัฒนา

ที่ดิน และการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมัก จากนั้นจึงจัดทำรายงานและสรุปผลการทดลองโดยการรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง การวิเคราะห์คุณภาพ และการประเมินต้นทุน เพื่อนำเสนอแนวทางการผลิตปุ๋ยหมักจากขี้วัวโปกที่เหมาะสมสำหรับชุมชน

การประเมินการกักเก็บปริมาณคาร์บอนตามเอกสาร LESS-WM-03 เวอร์ชัน 9 ได้โดยสมการดังต่อไปนี้

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

$$(kgCO_2eq) = A - B \quad (1)$$

โดยที่ A คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (kgCO₂eq)

B คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (kgCO₂eq)

สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน สามารถแสดงได้ดังสมการ (2)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

$$(kgCO_2eq) = C * D + E * F \quad (2)$$

โดยที่ C คือ น้ำหนักเศษอาหาร (กิโลกรัม)

D คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับปุ๋ยคอกจากที่มา U.S. Department of Energy (2025) (kgCO₂eq kg⁻¹ มูลสัตว์) ซึ่งมีค่า 0.056

E คือ น้ำหนักของเศษซากพืช (กิโลกรัม)

F คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้/ใบไม้ด้วยวิธีการฝังกลบ (kgCO₂eq kg⁻¹ เศษซากพืช) ซึ่งมีค่าประมาณ 0.9633

สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ สามารถแสดงได้ในสมการ (3)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ

$$(kgCO_2eq) = (C + E) * (G + H) + (I * Y) \quad (3)$$

โดยที่ G คือ ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักขยะ

อินทรีย์ มีค่าประมาณ ($\text{kgCO}_2\text{eq kg}^{-1}$ ขยะอินทรีย์) 0.0560

H คือ ค่าการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการหมัก

ขยะอินทรีย์ มีค่าประมาณ ($\text{kgCO}_2\text{eq kg}^{-1}$ ขยะอินทรีย์) 0.0530

I คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรม

(กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง) และ

Y คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบสาย

ส่ง สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า ($\text{kgCO}_2\text{eq kWh}^{-1}$) มีค่าประมาณ 0.4682

สำหรับในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ปริมาณน้ำมันเบนซินที่ใช้ในเครื่องบดย่อยจะถูกแปลงเป็นปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมหมักปุ๋ย โดยอ้างอิงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (ประเทศไทย) ซึ่งน้ำมันเบนซิน 1 ลิตร ให้พลังงานประมาณ 31.48 MJ หรือ 8.74 kWh

การวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยหมักตามมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน โดยค่าที่สำคัญ ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ, C/N ratio, pH, ค่าการนำไฟฟ้า (EC), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) เป็นต้น

การวิเคราะห์ต้นทุน (cost analysis) ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ (fixed cost) คือ ต้นทุนที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับของการผลิตหรือการขาย ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ไม่ว่าจะผลิตหรือขายสินค้ามากน้อยเพียงใดก็ตาม แม้ว่าระดับการผลิตหรือยอดขายจะมีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม และต้นทุนผันแปร (variable costs)

คือ ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิตหรือการขายของธุรกิจ

การจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ผลการวิจัยและคู่มือการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพดและคืนข้อมูลให้แก่ชุมชน โดยการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับเกษตรกร เจ้าหน้าที่ภาครัฐ และผู้นำชุมชน แล้วประเมินความพึงพอใจต่อผลการวิจัยและคู่มือการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด

ผลการวิจัย

การศึกษานี้นำเสนอผลการทดลองการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองตามสูตรวิศวกรรมแม่โจ้ 1 โดยใช้เศษซากซังข้าวโพดและมูลวัว โดยผ่านการประเมินประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คุณภาพปุ๋ยหมัก ต้นทุนการผลิตผลการประเมินการกักเก็บปริมาณคาร์บอน และผลประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยต่อผลการวิจัยและคู่มือการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด ซึ่งผลการศึกษามีสามารถแสดงได้ ดังต่อไปนี้

การประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การทดลองใช้วัตถุดิบประกอบด้วย มูลวัว 1,890 กิโลกรัม (39.3%) และเศษซากซังข้าวโพด 2,916 กิโลกรัม (60.7%) รวมน้ำหนัก 4,806 กิโลกรัม ผลการประเมินแสดงให้เห็นประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงได้ใน Table 1

Table 1 Reduction of greenhouse gas emissions from three tons of corn stover compos

Organic waste (kg)		Electricity used	Baseline GHG emissions	Project GHG emissions	Emissions reduced
Animal manure	Corn stove	(kWh)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)
1,890	2,916	69.92	2,914.82	556.59	2,358.23

สำหรับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2,914.82 (kgCO₂eq) ในขณะที่การดำเนินโครงการปุ๋ยหมักมีการปล่อย 556.59 (kgCO₂eq) ส่งผลให้สามารถลดการปล่อยได้ 2,358.23 (kgCO₂eq) คิดเป็นประสิทธิภาพการลด 80.9% เมื่อพิจารณาต่อหน่วยวัตถุดิบ พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐานเท่ากับ 0.61 (kgCO₂eq kg⁻¹ วัตถุดิบ) และสามารถลดการปล่อยได้ 0.49 (kgCO₂eq kg⁻¹ วัตถุดิบ)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมักตามมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดิน

การประเมินคุณภาพปุ๋ยหมักทั้ง 3 กองเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน แบ่งเป็น 2 เกรด แสดงผลแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยมีรายละเอียดดัง Table 2

Table 2 Compost quality analysis according to Land Development Department Standards

Parameter qualities	Standard of decomposes		Pile 1 (Grinded)	Pile 2 (old, not Grinded)	Pile 3 (fresh, not Grinded)
	LDD Grade 1 Standard	LDD Grade 2 Standard			
Organic matter (%)	≥30	≥20	40.4	24.82	16.63*
K ₂ O (%)	≥0.5	≥0.5	2.17	0.54	1.09
P ₂ O ₅ (%)	≥0.5	≥0.5	0.23*	0.20*	0.19*
C/N ratio	≤20	≤20	20	14	14
Nitrogen (N, %)	≥1.0	≥1.0	1.17	1.04	0.68*
pH	5.5 – 8.5	5.5 – 8.5	8.72*	7.82	8.54*
Electrical conductivity (dS m ⁻¹)	≤10	≤10	2.03	0.76	1.03

*Values in bold did not meet LDD Grade 1 or Grade 2 standards

กองปุ๋ย 1 **Pile 1 (grinded)** ซึ่งเป็นกองปุ๋ยที่ใช้เศษซากซังข้าวโพดที่ถูกบดย่อย เป็นกองปุ๋ยที่แสดงคุณภาพดีที่สุด โดยมีอินทรีย์วัตถุ 40.4% (ผ่านเกรด 1) K₂O 2.17% (ผ่านเกรด 1) อัตราส่วน C/N = 20 (ผ่านเกรด 1) ไนโตรเจน 1.17% (ผ่านเกรด 1) pH 8.72 และค่าการนำไฟฟ้า 2.03 dS m⁻¹ (ทั้งคู่ผ่านมาตรฐาน) อย่างไรก็ตาม ฟอสฟอรัส (P₂O₅) มีค่า 0.23% ซึ่งไม่ผ่านมาตรฐานขั้นต่ำ 0.5%

กองปุ๋ย 2 **Pile 2 (old, not grinded)** ซึ่งเป็นกองปุ๋ยที่เศษซากจากซังข้าวโพดไม่ถูกบดย่อย โดยสภาพ

ซังข้าวโพดเป็นของเก่า มีการย่อยสลายไปแล้วบางส่วน เป็นกองปุ๋ยที่มีอินทรีย์วัตถุ 24.82% (ผ่านเกรด 2) มี K₂O 0.54% C/N = 14 ไนโตรเจน 1.04% (ทั้งหมดผ่านเกรด 1) pH 7.82 และค่าการนำไฟฟ้า 0.76 dS m⁻¹ แต่ P₂O₅ มีค่า 0.20% ซึ่งยังไม่ผ่านมาตรฐาน

กองปุ๋ย 3 **Pile 3 (fresh, not Grinded)** ซึ่งเป็นกองปุ๋ยที่เศษซากจากซังข้าวโพดไม่ถูกบดย่อย โดยสภาพซังข้าวโพดเป็นของใหม่ ยังไม่มีการย่อยสลาย เป็นกองที่แสดงคุณภาพต่ำสุด โดยมีอินทรีย์วัตถุ 16.63% (ไม่ผ่านมาตรฐาน) ไนโตรเจน 0.68% (ไม่ผ่านมาตรฐาน)

และ P_2O_5 0.19% (ไม่ผ่านมาตรฐาน) แม้จะมี K_2O 1.09% C/N = 14 pH 8.54 และค่าการนำไฟฟ้า 1.03 dS m^{-1} ที่ผ่านมาตรฐาน

ต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมัก

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมักจากวัตถุดิบ 3 กอง แสดงโครงสร้างต้นทุนที่ครอบคลุมทั้งต้นทุนคงที่และผันแปร โดยต้นทุนรวมเท่ากับ 8,102 บาท หรือ 1.69 บาท/กิโลกรัมวัตถุดิบ โดยวัตถุดิบหลัก ซึ่งประกอบด้วย

เศษซากซังข้าวโพด 600 บาท และมูลวัว 3,600 บาท มีสัดส่วน 51.8% ของต้นทุนรวม เป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุด สำหรับค่าแรงงานและน้ำมัน มีสัดส่วน 26.3% โดยแรงงาน 4 คน มีค่าใช้จ่าย 2,000 บาท และน้ำมัน 4 ลิตร มีค่าใช้จ่าย 132 บาท

ต้นทุนคงที่ จากค่าเช่าเครื่องบดย่อย มีสัดส่วน 12.3% ส่วนสารเสริมประกอบด้วยกากน้ำตาล น้ำตาลทราย หัวเชื้อ อี.เอ็ม และฟางข้าว มีสัดส่วน 9.5% ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Cost of producing three tons of corn stover compost

Costs	Items	Price (THB)	Percent (%)
Fixed costs	Grinder rental	1,000	12.30
Variable costs	Corn Stover	600	7.440
	Animal manure	3,600	44.40
	Molasses, Granulated sugar, EM microbial starter, Rice straw	770	9.50
	Labor	2,000	24.70
	Fuel	132	1.60

ผลการจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ผลการวิจัยและคู่มือการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพดและคินข้อมูลชุมชน พบว่าเกษตรกร เจ้าหน้าที่ภาครัฐ ผู้นำชุมชน มีความพึงพอใจต่อผลการวิจัยและคู่มือการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด โดยภาพรวมพบว่า

อยู่ในระดับมาก (Mean = 4.32, SD = 0.65) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในประเด็นกิจกรรมของโครงการ ฯ ส่งเสริมการยกระดับอาชีพ ผู้สร้างรายได้อย่างยั่งยืน (Mean = 4.54, SD = 0.61)

Table 4 The satisfaction of participants in the research project on adding value to corn cobs through composting to address community-level environmental issues in Bankha sub-district, Mueang district, Lampang province (n=17)

Evaluation criteria	Evaluation results		
	Mean	SD	Interpretation
1. The project addresses the problems in your area.	4.44	0.81	High
2. The project meets the real needs in your area.	4.42	0.84	High
3. The project activities promote career advancement and sustainable income generation.	4.54	0.61	Highest
4. The research project emphasizes participatory processes, allowing all sectors to fully participate and express opinions.	4.48	0.61	High
5. You are able to fully participate in the activities within the research project.	4.32	0.51	High
6. You have the knowledge and ability to produce simple compost.	4.18	0.85	High
7. You can calculate costs, set prices, and find marketing channels for your own products.	4.04	0.86	High
8. You can reduce production costs by using self-produced compost.	4.10	0.79	High
9. The community has participated in the project throughout and jointly made policy recommendations for development that align with the community's needs and context.	4.20	0.76	High
10. The community has career development guidelines based on readiness and interest, using knowledge integration with modern technology.	4.18	0.85	High
11. A strong community network has been established, with knowledge dissemination and exchange within the community and with other interested communities.	4.32	0.79	High
12. The community has more safe agricultural areas, leading to better health and environment.	4.34	0.63	High

Table 4 (Continued)

Evaluation Criteria	Evaluation results		
	Mean	SD	Interpretation
13. You can continuously use the acquired knowledge for self-development.	4.32	0.71	High
14. You can continuously use the acquired knowledge for family development.	4.46	0.68	High
15. You can continuously use the acquired knowledge for community development.	4.34	0.72	High
16. Local administrators recognize the importance of safe agriculture.	4.32	0.91	High
17. You can transfer knowledge to other individuals and communities.	4.30	0.74	High
18. You can serve as a good role model for others.	4.40	0.61	High
19. You can apply and expand the acquired knowledge in your area.	4.36	0.78	High
Total	4.32	0.65	High

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้เศษซากซึ่งข้าวโพดเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองตามสูตรวิศวกรรมแม่โจ้ 1 โดยให้ผลลัพธ์ที่น่าสนใจในด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพแตกต่างกันตามลักษณะของวัตถุดิบและการวิเคราะห์ต้นทุนที่แสดงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการของเสียทางการเกษตรแบบยั่งยืน และการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนในประเทศไทย

การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ผลการวิจัยแสดงประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพถึง 80.9% จากการ

ผลิตปุ๋ยหมัก ซึ่งสามารถลดการปล่อยได้ 2,358.23 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า จากกรณีฐานที่มีการปล่อย 2,914.82 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า ลดเหลือเพียง 556.59 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luske (2010) ที่ระบุว่าการทำงานปุ๋ยหมักสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซมีเทนจากการทิ้งขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ แนวคิดทางทฤษฎีที่สนับสนุนผลการวิจัยนี้คือ Life Cycle Assessment (LCA) และ Carbon Footprint Analysis ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการผลิตปุ๋ยหมักเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการจัดการของเสียแบบดั้งเดิม ดังงานวิจัยของ Min *et al.* (2022) พบผลลัพธ์คล้ายคลึงกัน โดยการใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมีในสัดส่วน 30% สามารถลด Global Warming Potential (GWP) และ Greenhouse Gas Emission Intensity (GHGI) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้แตกต่าง

จากบางงานวิจัยที่พบว่าการผลิตปุ๋ยหมักอาจเพิ่มการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงแรกของกระบวนการ ตามที่ Yasmin *et al.* (2022) ได้ระบุไว้ ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากการใช้เทคนิคการหมักปุ๋ยแบบไม่กลับกองที่ควบคุมสภาวะการหมักแบบมีอากาศที่แตกต่างกัน

การศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมักจากลักษณะของเศษซากซังข้าวโพด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมักแสดงความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างกองปุ๋ยทั้งสาม โดยกองปุ๋ย 1 (ซังข้าวโพดบดย่อย) ให้คุณภาพดีที่สุดด้วยอินทรียวต 40.4% และผ่านเกรด 1 ในหลายพารามิเตอร์ ในขณะที่กองปุ๋ย 3 (ซังข้าวโพดสด) ให้คุณภาพต่ำที่สุดด้วยอินทรียวตเพียง 16.63% ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎี Surface Area Theory ในกระบวนการหมัก ซึ่งระบุว่า การเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของวัตถุดิบผ่านการบดย่อยจะช่วยให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ งานวิจัยของ Keng *et al.* (2023) ยืนยันว่าขนาดอนุภาคของวัตถุดิบมีผลต่ออัตราการย่อยสลายและคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ประเด็นสำคัญ คือ การขาดฟอสฟอรัส (P_2O_5) ในปุ๋ยหมักทุกกอง (0.19–0.23%) ซึ่งไม่ผ่านมาตรฐานขั้นต่ำ 0.5% ตามเกณฑ์กรมพัฒนาที่ดิน ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thitanuwat *et al.* (2016) ที่ระบุว่าปุ๋ยหมักมักมีฟอสฟอรัสต่ำเนื่องจากฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกรวมตัวในสารอินทรีย์และไม่พร้อมใช้ทันที อัตราส่วน C/N ที่ได้ (14–20) อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับปุ๋ยหมักที่สุกแล้ว ตามมาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน ที่กำหนดไว้ต่ำกว่า 20:1 แนวคิดทฤษฎีการหมัก อธิบายว่าอัตราส่วน C/N จะลดลงตามกาลเวลา เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้คาร์บอนเป็นพลังงานและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากระบบ (Wong, 2004)

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมัก

การวิเคราะห์ต้นทุนแสดงให้เห็นว่าการผลิตปุ๋ยหมักมีต้นทุนรวม 8,102 บาท หรือ 1.69 บาท/กิโลกรัม

วัตถุดิบ โดยวัตถุดิบหลักคิดเป็น 51.8% ของต้นทุนรวม ตามด้วยค่าแรงงานและน้ำมัน 26.3% และอุปกรณ์หรือค่าเช่าเครื่องจักร 12.3% ผลการวิเคราะห์นี้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในประเทศไทยของ Thola *et al.* (2022) พบว่าการทำปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพดสามารถผลิตได้ 0.7 ตัน/ตันวัตถุดิบ ในประเด็นเรื่องการจัดการของเสียทางการเกษตรแบบยั่งยืน งานวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) ที่ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากของเสียทางการเกษตร การศึกษาของ Shen *et al.* (2024) ผ่านการทำ meta-analysis พบว่าการใช้อัตราส่วน C/N ในช่วง 25–30 ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดในการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษซากเกษตร ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยนี้ที่ใช้สัดส่วนวัตถุดิบให้อัตราส่วน C/N ต่ำกว่าเล็กน้อย ประสิทธิภาพการลดก๊าซเรือนกระจก ผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 80.9% สูงกว่าที่พบในงานวิจัยส่วนใหญ่ ดังเช่นงานวิจัยของ Nordahl *et al.* (2023) พบว่าการผลิตปุ๋ยหมักจากของเสียอินทรีย์สามารถลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากการทิ้งขยะได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่อาจเพิ่มการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์และแอมโมเนีย ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากสภาพภูมิอากาศและวิธีการจัดการที่แตกต่างกัน

ผลการจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ผลการวิจัยและคู่มือการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด

ผลการจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ผลการวิจัยและคู่มือการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด และคืนข้อมูลชุมชน พบว่าเกษตรกร เจ้าหน้าที่ภาครัฐ ผู้นำชุมชน มีความพึงพอใจต่อผลการวิจัยและคู่มือการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด โดยภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในประเด็นกิจกรรมของโครงการฯ ส่งเสริมการยกระดับอาชีพ สู่การสร้างรายได้ที่ยั่งยืน เป็นไปตามแนวคิดของวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม กระบวนการของการวิจัยเชิงปฏิบัติ การแบบมีส่วนร่วม (PAR) เป็นเกลียวของวงจรการสะท้อนคิด และการปฏิบัติเริ่มจากการสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น สะท้อนแนวคิดร่วมกัน

แลกเปลี่ยนเรียนรู้และวางแผนเพื่อการเปลี่ยนแปลง และลงมือปฏิบัติตามแผน สังเกตผลจากการปฏิบัติและวางแผนซ้ำ จนกว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่ปฏิบัติอยู่ให้ดีขึ้น สิ่งเหล่านี้นับว่าเป็นการปฏิบัติทางสังคม เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่แต่ละขั้นตอนผู้ที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์นั้น ๆ ต้องเข้ามามีส่วนร่วมตลอดกระบวนการ มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน เป็นการเสริมพลังอำนาจ ให้ความอิสระและสร้างจิตสำนึกให้เกิดขึ้นในปัจเจกบุคคล ทำให้เข้าใจอย่างมีวิจารณญาณ และเป็นการสะท้อนแนวคิดในประเด็นต่าง ๆ ในสังคม

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการประยุกต์ใช้

ด้านเทคโนโลยีการปรับปรุงสูตรปุ๋ยหมัก ควรเสริมแหล่งฟอสฟอรัส เช่น กากอ้อยหรือเศษกระดูกสัตว์ การพัฒนาระบบ Aerated Static Pile เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดระยะเวลาการหมัก การใช้จุลินทรีย์ช่วยเพื่อเร่งกระบวนการย่อยสลายและปรับปรุงคุณภาพ

ด้านเศรษฐกิจ การสร้างตลาดปุ๋ยหมัก ในระดับชุมชนเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม การพัฒนาระบบสหกรณ์เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มขนาดการผลิต การคิดค่าการลดก๊าซเรือนกระจกผ่านกลไกการซื้อขายคาร์บอน

ด้านสิ่งแวดล้อม การบูรณาการกับนโยบาย PM 2.5 ในการลดการเผาในที่โล่ง การส่งเสริมการใช้ปุ๋ยหมักเป็นส่วนหนึ่งของ precision agriculture การพัฒนามาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมักที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชนบ้านคำ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้นำเสนอผลการวิจัยเชิงประยุกต์ที่สำคัญในการจัดการของเสียทางการเกษตรอย่างยั่งยืน โดยการนำเศษซากซังข้าวโพดมาใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองตามสูตรวิศวกรรมแม่โจ้ 1 ผลการวิจัย

แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญถึง 80.9% พร้อมทั้งให้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพแตกต่างกันตามลักษณะการเตรียมวัสดุคิบ โดยกองปุ๋ย 1 (ซังข้าวโพดบดย่อย) ให้คุณภาพดีที่สุดด้วยอินทรีย์วัตถุ 40.4% และผ่านเกรด 1 ในหลายพารามิเตอร์ และมีต้นทุนการผลิตที่เหมาะสมอยู่ที่ 1.69 บาทต่อกิโลกรัมวัสดุคิบ ซึ่งสามารถเป็นทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศษซากทางการเกษตรและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง การเพิ่มมูลค่าซังข้าวโพดด้วยการทำปุ๋ยหมักเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับชุมชน ตำบลบ้านคำ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ประจำปีงบประมาณ 2568

เอกสารอ้างอิง

- Highland Research and Development Institute (Public Organization). 2024. **Compost helps reduce burning and benefits us economically (How)**. Retrieved from <https://hkm.hrdi.or.th/Knowledge/detail/714> [in Thai]
- Keng, Z.X., J.J.M.Tan, B.L. Phoon, C.C. Khoo, I. Khoiroh, S. Chong, C. Supramaniam, A. Singh and G.T. Pan. 2023. Aerated static pile composting for industrial biowastes: from engineering to microbiology. **Bioengineering** 10(8): 938 <https://doi.org/10.3390/bioengineering10080938>

- Lampang Provincial Commerce Office. 2024. **The situation of maize procurement for animal feed, production year 2024/2025**. Retrieved from <https://lampang.moc.go.th/th/content/category/detail/id/104/iid/74130> [in Thai]
- Luske, B. 2010. **Reduced Greenhouse Gas Emissions due to Compost Production and Compost Use in Egypt**. Driebergen: Louis Bolk Institute. 30 p.
- Min, H., X. Huang, D. Xu, Q. Shao, Q. Li, H. Wang and L. Ren. 2022. Determining the effects of compost substitution on carbon sequestration, greenhouse gas emission, soil microbial community changes, and crop yield in a wheat field. **Life** 12(9): 1382
<https://doi.org/10.3390/life12091382>
- Nammakhun, Y., P. Tongtanee and R. Nunta. 2025. The Project evaluation of the sustainable economic and social enhancement: the case study of Wiang Mok sub-district northern of Thailand. **Community and Social Development Journal** 26(2): 164–179. [in Thai]
- Nordahl, S.L., C.V. Preble, T.W. Kirchstetter and C.D. Scown. 2023. Greenhouse gas and air pollutant emissions from composting. **Environmental Science & Technology** 57(6): 2235–2247.
- Pookkaman, W. and A. Kantasa-ard. 2018. Cost reduction in the plantation of longan and mango by implementing the integrated agricultural cost reduction model and integer linear programming optimization model: case study of plantation area in Sakaeo province Thailand. **Journal of Industrial Education** 17(2): 13–22. [in Thai]
- Popradit, A., J. Wiangnon, P. Jitrabiab and N. Pakvilai. 2022. Organic fertilizer application using leaf waste according to Maejo Engineering Method 1. **Thai Environmental Engineering Journal** 36(3): 47–54. [in Thai]
- Ruairuen, W., N. Khammanee and P. Noparat. 2022. **Production and properties of compost from agroforestry waste materials**. Retrieved from <https://wjst.wu.ac.th/index.php/stssp/article/view/25728> [in Thai]
- Shen, B., L. Zheng, X. Zheng, Y. Yang, D. Xiao, Y. Wang, Z. Sheng, and B. Ai. 2024. Insights from meta-analysis on carbon to nitrogen ratios in aerobic composting of agricultural residues. **Bioresource Technology** 413(2024): 1-10
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131416>

- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2025. **Document for greenhouse gas reduction calculation LESS-WM-03: production of compost or soil conditioner from organic waste (8th ed.)**. Retrieved from <https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-waste/item/550-less-wm-03.html> [in Thai]
- Thitanuwat, B., C. Polprasert and A.J. Engle Jr. 2016. Quantification of phosphorus flows throughout the consumption system of Bangkok Metropolis, Thailand. **Science of The Total Environment** 542: 1106–1116. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.065> [in Thai]
- Thola, J., P. Abdul Salam, S. Dhakal and E. Winijkul. 2022. Sustainable options for reducing open burning of corn residues: case study of Mae Chaem district, Thailand. **Polish Journal of Environmental Studies** 31(6): 5851–5861.
- U.S. Department of Energy. 2025. **A generic counterfactual greenhouse gas emission factor for life-cycle assessment of manure-derived biogas and renewable natural gas**. Washington, DC: U.S. Department of Energy. 20 p
- Wong, J.W.C. 2004. **Composting and Compost Utilization in Agriculture**. Hong Kong: Department of Biology, Hong Kong Baptist University. 34 p..
- Yasmin, N., K. Samal, M. Jamuda and A. Panda. 2022. Emission of greenhouse gases (GHGs) during composting and vermicomposting: measurement, mitigation, and perspectives. **Energy Nexus** 7: 100092. <https://doi.org/10.1016/j.nexusenerg.2022.100092>

การวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณมลพิษทางอากาศจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม
และแบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

Comparative Analysis of Air Pollution from Traditional and Organic
Maize Cultivation in the Northern Thailand

สรียา โด อมาเร

Sareeya do Amaral

สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพฯ 10300

Department of Business Economics, Faculty of Management Science, Suan Sunandha Rajabhat University

Bangkok, Thailand 10300

Corresponding author: sareeya.do@ssru.ac.th

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0006-7674-5051>

Received: July 04, 2025

Revised: November 14, 2025

Accepted: November 24, 2025

Abstract

This article aimed to assess air pollution associated with traditional versus organic maize cultivation in northern Thailand. The findings indicated that conventional maize cultivation was a significant source of various air pollutants, including fine particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀) and haze, primarily resulting from the burning of stubble and crop residues after harvest. Furthermore, this method contributed to the emission of greenhouse gases, such as carbon dioxide (CO₂) and nitrogen oxides (NO), due to the application of chemical fertilizers and pesticides, as well as the utilization of agricultural machinery, which posed detrimental effects on public health and the environment. Conversely, organic maize cultivation, which eschewed synthetic chemicals and emphasized biological management of crop residues, demonstrated a marked reduction in air pollution. Although organic farming still emitted some greenhouse gases and pollutants from machinery, the overall volume was significantly lower compared with traditional practices. This article advocates strategies that promote organic farming and the adoption of alternative technologies to burning, thereby advancing more sustainable maize cultivation practices.

Keywords: air pollution, maize, traditional agriculture, organic agriculture

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินมลพิษทางอากาศที่เกี่ยวข้องกับการปลูกข้าวโพดแบบดั้งเดิมเปรียบเทียบกับ การปลูกข้าวโพดแบบอินทรีย์ในภาคเหนือของประเทศไทย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการปลูกข้าวโพดแบบดั้งเดิมเป็นสาเหตุสำคัญของมลพิษทางอากาศหลากหลายชนิด รวมถึงฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5 และ PM10) และหมอกควัน ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเผาตอซังและเศษซากพืชหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ การเกษตรแบบดั้งเดิมยังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) อันเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง และการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม ในทางกลับกัน การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์จะหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์และเน้นการจัดการเศษซากพืชทางชีวภาพ แสดงให้เห็นถึงการลดลงของมลพิษทางอากาศอย่างเห็นได้ชัด แม้ว่าการทำเกษตรแบบอินทรีย์จะยังคงปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษจากเครื่องจักรอยู่บ้าง แต่ปริมาณโดยรวมต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การทำเกษตรแบบดั้งเดิมอย่างมาก บทความนี้สนับสนุนกลยุทธ์ที่ส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์และการนำเทคโนโลยีทางเลือกมาใช้ในการเผา เพื่อก้าวไปสู่แนวทางการปลูกข้าวโพดที่ยั่งยืนมากขึ้น

คำสำคัญ: มลพิษทางอากาศ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เกษตรดั้งเดิม เกษตรอินทรีย์

บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (maize) นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างยิ่งต่อภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคเหนือซึ่งมีการเพาะปลูกอย่างแพร่หลายเพื่อตอบสนองความต้องการภายในประเทศและการส่งออก

อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังคงใช้วิธีการเผาปลูกแบบดั้งเดิมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาทิ การเผาซังข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของฝุ่นควันและมลพิษ PM2.5 ในภาคเหนือของประเทศไทย และ การใช้สารเคมีจำนวนมาก เช่น ยาฆ่าหญ้าและปุ๋ยเคมี ซึ่งทำลายดินและส่งผลต่อมลพิษทางอากาศและน้ำอย่างรุนแรง (Greenpeace, 2020) โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ และส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนและระบบนิเวศโดยรวมอีกด้วย

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชที่ใช้น้ำในการเพาะปลูกน้อย สามารถทนแล้งได้ดี จึงเป็นพืชที่นิยมปลูกในพื้นที่ลาดหรือที่สูง เช่น บนภูเขา จากสถิติของ Office of Agricultural Economics (2024) พบว่าในปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทยมีพื้นที่ ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสิ้น 6,787,441 ไร่ โดยมีการเพาะปลูกสูงที่สุดในภาคเหนือ (จังหวัดในภาคเหนือที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูง 3 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดตาก (583,826 ไร่) จังหวัดน่าน (512,219 ไร่) และจังหวัดเชียงราย (304,671 ไร่) ตามลำดับ (Office of Agricultural Economics, 2024)) จำนวนพื้นที่ 4,575,938 ไร่ คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 67.41 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศ พื้นที่ที่มีการการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงเป็นอันดับสองและสาม ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1,257,785 ไร่ และภาคกลาง 953,718 ไร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 6,667,442 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 4,954,166 ตัน โดยขนาดพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยอยู่ในลำดับที่ 11 ของโลกรองจากประเทศแคนาดา

จากรายงานของ Highland Research and Development Institute (Public Organization) (2024) ระบุว่า พื้นที่ภาคเหนือของไทยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดสูงชัน โดยพื้นที่สูง (มีความสูงเกิน 500 เมตรจากระดับน้ำทะเล หรือเป็นภูเขา) ใน 12 จังหวัดภาคเหนือ มีสัดส่วนพื้นที่ลาดชันมากถึงร้อยละ 96.48 ของพื้นที่สูงทั้งหมด ทำให้เกษตรกรเลือกปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็น

พืชหลัก เนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด โดยเฉพาะดินร่วนปนทราย (Chiang Mai University, 2015) โดยในหนึ่งปีสามารถปลูกข้าวโพดได้ 2 รุ่น (รุ่น 1 เกษตรกรจะปลูกในระหว่างวันที่ 1 เมษายน ถึงวันที่ 31 สิงหาคม และรุ่นที่ 2 ระหว่างวันที่ 1 กันยายน ถึงวันที่ 31 มีนาคมของปีถัดไป (Suwannaser *et al*, 2012))

นอกจากนี้ การศึกษาของ Kantanamalakul (2017) ยังพบว่าพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยอยู่ในเขตไม่เหมาะสมและเหมาะสมน้อยประมาณร้อยละ 26 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศ ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากกว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศอยู่นอกเขตชลประทาน และอาศัยน้ำฝนในการเพาะปลูก โดยมีผลผลิตภายในประเทศออกสู่ตลาดมากในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม นอกจากนี้ ปริมาณผลผลิตมากกว่าร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งหมดใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เป็นหลัก ซึ่งปริมาณการผลิตของประเทศไทยยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ยังคงต้องมีการนำเข้าจากประเทศกัมพูชา สปป.ลาว และเมียนมา ถึงร้อยละ 25 ของปริมาณที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ทั้งหมด หรือคิดเป็นปริมาณ 8.2 ล้านตันต่อปี (Kasikorn Research Center Co., Ltd., 2024)

กระบวนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เริ่มตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ไปจนถึงการเก็บเกี่ยว พบว่ามีการใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีอย่างเข้มข้น อาทิ การใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชในขั้นตอนเตรียมดินในแปลงเพาะปลูก การใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก เพื่อให้มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ครบทั้ง 3 ธาตุ (ปุ๋ย 16-16-8) มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและปรับปรุงโครงสร้างดิน ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ข้างแถวปลูกแล้วพรวนกลบเมื่อข้าวโพดอายุ 3-4 สัปดาห์หลังปลูก (Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Changsak *et al*. (2013)

ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย ตั้งแต่ร้อยละ 69-183 ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกในพื้นที่สูง เช่น พื้นที่ราบชันและพื้นที่ภูเขาที่มีแร่ธาตุน้อยกว่าพื้นที่ราบต่ำ โดยในปี พ.ศ. 2565 มีปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุดิบตรงทางการเกษตรสูงถึง 0.114 ล้านตัน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.32 จากปี พ.ศ. 2563 ที่มีการนำเข้ารวม 0.098 ล้านตัน (Department of Agriculture Extension, 2022; cited in Inthaprasit, 2024) ซึ่งสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ภายในประเทศส่วนใหญ่ได้มาจากการนำเข้า และมีแนวโน้มในการนำเข้าในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทุกปี ส่งผลให้มีการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผลผลิตทางการเกษตรและในสิ่งแวดล้อมในปริมาณที่มากตามไปด้วย

นอกจากนี้ สารเคมีเหล่านี้ยังส่งผลให้เกิดการสะสมในดินและน้ำ รวมถึงในห่วงโซ่อาหาร ซึ่งทำให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ หากมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างไม่ระมัดระวังหรือเกิดจากอุบัติเหตุ เช่น การชำระชุดแตกหักของอุปกรณ์การฉีดพ่น และภาชนะบรรจุ รวมทั้งการกำจัดภาชนะที่ใช้แล้วไม่ถูกต้อง การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเข้มข้นติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้ดินมีสภาวะความเป็นกรดสูงและมีสารพิษตกค้าง เช่น สารหนู (arsenic) ทองแดง (copper) และปรอท (mercury) ทำให้ดินกลายเป็นแหล่งสะสมสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ยิ่งไปกว่านั้น มลพิษในดินยังอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและมลพิษในน้ำได้จากการระเหยของสารเคมีตกค้างในดิน ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ขณะที่ สารเคมีจำพวกไนโตรเจน (nitrogen) และฟอสฟอรัส (phosphorus) ที่ตกค้างในดิน เมื่อถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำลำคลองหรือแหล่งน้ำบาดาล อาจทำให้น้ำเกิดการเน่าเสีย สร้างความเสียหายต่อระบบนิเวศในน้ำและกลายเป็นภัยอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่พึ่งพาแหล่งน้ำดังกล่าว ในการบริโภค (Chuenwong-Arun, 2020)

การทำเกษตรอินทรีย์ได้รับการส่งเสริมและยอมรับมากขึ้นว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าจะช่วยลดผลกระทบดังกล่าว โดยเน้นวิธีการปลูกที่ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์และเน้นการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน จากรายงานเกษตรออร์แกนิกโลกออนไลน์ ทางเลือกเพื่อทางรอดมนุษยชาติของ Department of Agricultural Extension (2019) ระบุว่าการใช้ปุ๋ยหมักและมูลสัตว์ช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ของดินและกักเก็บคาร์บอนได้มากขึ้น ลดการพึ่งพาสารเคมี ลดมลพิษ และสามารถลดปริมาณ PM2.5 ในอากาศได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ การส่งเสริมการจัดการเศษวัสดุทางการเกษตรอย่างถูกวิธี เช่น การไม่เผาซึ่งข้าวโพด และการใช้พืชสดคลุมดิน ยังช่วยแก้ปัญหาฝุ่นพิษและมลพิษทางอากาศลดลงได้ ดังนั้น การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์จึงอาจเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการลดการปล่อยมลพิษทางอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกแบบดั้งเดิม

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังคงมีการศึกษาที่จำกัดเกี่ยวกับการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจริงจากระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสองรูปแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษอากาศเป็นประจำทุกปี ดังนั้น บทความวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมและแบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย และเพื่อนำเสนอข้อมูลชนิดและปริมาณของมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกมาจากระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่ภาครัฐในการนำมาตรึงการแบบองค์รวมมาใช้ โดยมุ่งเน้นการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์ ควบคู่ไปกับการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อลดการเผาและลดการใช้สารเคมี รวมทั้งส่งเสริมการวิจัยด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อชี้ให้เห็นถึงความคุ้มค่า และสร้างความร่วมมือจากทุกภาคส่วนเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย

การทำเกษตรที่ยั่งยืนและลดมลพิษทางอากาศอย่างเป็นรูปธรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

บทความวิจัยนี้ไม่ได้ดำเนินการวิจัยเชิงทดลองใหม่ แต่เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากงานวิจัยเดิมที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและนำเสนอข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับชนิดและปริมาณมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือทั้งสองรูปแบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การทบทวนและอ้างอิงข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ บทความวิชาการ ข้อมูล รายงานวิจัยเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มลพิษอากาศ และผลกระทบด้านสุขภาพของเกษตรกร

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงลึก บทความนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบชนิดและปริมาณมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจริงจากระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสองรูปแบบ โดยอาศัยผลการศึกษาจากการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือของประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการปลูกทั้งหมด

ผลการวิจัย

การเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ของการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมและแบบอินทรีย์ในภาคเหนือของประเทศไทย แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนสำคัญของการปลูกแต่ละแบบและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการปลูกแบบดั้งเดิมจะมีการเตรียมดินโดยการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ในแปลงก่อนเพาะปลูก ซึ่งทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ รวมถึงมีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดวัชพืชอย่าง

เข้มข้น ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสารพิษทางอากาศสูงกว่า นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานจากเครื่องจักรกลและปุ๋ยสังเคราะห์เป็นจำนวนมาก

ในทางกลับกัน การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์จะหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีและการเผาเศษวัสดุ โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และวิธีการควบคุมวัชพืชแบบธรรมชาติ เช่น การควบคุมด้วยมือหรือเครื่องมือทางกล นอกจากนี้ยังเน้นการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการนำเศษ

วัสดุกลับไปใช้ประโยชน์ในดิน ทำให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศได้อย่างชัดเจน

ผลการประเมินวัฏจักรชีวิต พบว่าการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมต่ำกว่าระบบดั้งเดิม ทั้งในเรื่องการใช้พลังงาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และผลกระทบทางสุขภาพของชุมชนรอบข้างแสดงโดย Table 1 ซึ่งชี้ให้เห็นภาพความแตกต่างของกระบวนการปลูกทั้งสองแบบและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Table 1 Comparison of Life Cycle Assessment (LCA) for conventional and organic maize cultivation in northern Thailand

Life cycle stage	Conventional maize cultivation	Organic maize cultivation
Land preparation	Includes land clearing with burning residues, tillage	Clearing without burning, use of organic fertilizers
Fertilizer use	Application of Synthetic chemical fertilizers and herbicides	Organic fertilizers used; no synthetic chemicals applied
Pest and weed control	Application of Herbicides and chemical pesticides	Mechanical or manual weed control, biological pest controls
Planting and growing	Monoculture with intensive input use	Crop rotation and soil fertility management practices
Harvesting	Mechanized harvesting with diesel-powered machines	Similar to mechanized harvesting, emphasis on sustainability
Post-harvest residue management	Field burning of residues after harvest	Residues incorporated into soil or used for composting
Environmental impacts	Higher greenhouse gas emissions, soil degradation, air pollution (burning causing PM)	Lower emissions, healthier soil, reduced pollution from chemicals
Energy use	High energy input for fertilizers, machinery	Lower energy inputs, emphasis on renewable resources

Table 1 (Continued)

Life Cycle Stage	Conventional Maize Cultivation	Organic Maize Cultivation
Impact on local communities	Adverse effects due to burning (respiratory issues)	More sustainable and health-friendly practices
Overall environmental burden	Higher total environmental damage cost	Lower damage cost based on LCA using LIME-3 in northern Thailand

Sources: Supasri *et al.* (2020); Sukuman *et al.* (2025)

Table 2 แสดงการเปรียบเทียบแหล่งที่มาของมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมและแบบอินทรีย์ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีวิธีการตรวจประเมินคุณภาพอากาศในการเพาะปลูกทั้งสองรูปแบบดังนี้ (Supasri *et al.*, 2020)

1. เก็บตัวอย่างอากาศบริเวณที่มีการเผาต่อซังข้าวโพด โดยใช้เครื่องมือวัดฝุ่นแบบอัตโนมัติ เช่น DustTrak II Aerosol Monitor Model 8532 ที่สามารถวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ได้

2. การเผาต่อซังจะถูกจำลองหรือดำเนินการในพื้นที่ควบคุม เช่น ห้องทดลองที่มีขนาดจำกัด (ประมาณ 60 ลูกบาศก์เมตร) เพื่อป้องกันปัจจัยภายนอกการวัด

3. เติบโตซังข้าวโพดที่มีความชื้นแตกต่างกัน (ร้อยละ 4-77) ลงในพื้นที่เผา และเก็บข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของต่อซังในแต่ละตัวอย่าง

4. ใช้เครื่องมือบันทึกปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ที่ปล่อยออกมาในระหว่างและหลังการเผาต่อซัง

5. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (emission factor) และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของต่อซังกับปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่ปล่อยออกมา

สรุปคือการเผาเศษวัสดุพืชหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) และก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาในปริมาณสูงในระบบดั้งเดิม ขณะที่การปลูกแบบอินทรีย์จะลดหรือหลีกเลี่ยงการเผาไหม้ รวมถึงใช้วิธีการจัดการเศษวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้มีมลพิษทางอากาศในระดับต่ำกว่าส่งผลให้คุณภาพอากาศโดยรวมดีขึ้นและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ (Supasiri *et al.*, 2020)

Table 2 Comparative analysis of air pollution from traditional and organic maize cultivation in northern Thailand

Air pollution aspect	Traditional maize cultivation	Organic maize cultivation
Main pollution source	Open burning of maize residues after harvest	Minimal or no burning; alternative residue management
Greenhouse gas emissions	High emissions from burning biomass and fossil fuel use	Lower emissions due to the avoidance of burning and organic inputs
Particulate matter (PM2.5)	Significant contributor due to biomass and residue burning	Lower PM2.5 emissions due to non-burning practices
Air Quality Impact	Causes seasonal haze and health problems in local and urban areas	Reduced contribution to regional haze and better air quality
Government regulations	Strict burning bans are being enforced due to pollution	Encouraged as an alternative practice to improve air quality

This table is based on a detailed life cycle assessment study of maize production in northern Thailand by Supasri *et al.* (2020) and supplemented by reports on regional air pollution issues and policy responses in northern Thailand.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การเผาเศษวัสดุการเกษตรในพื้นที่แม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 2,976.538 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และฝุ่นละออง PM10 ประมาณ 26.539 ตัน ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนอย่างรุนแรง และปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับความชื้นของเศษวัสดุ โดยเมื่อความชื้นลดลงการเกิดฝุ่นละอองจะลดลงตามไปด้วย งานวิจัยยังชี้ว่าการเปลี่ยนมาใช้วิธีปลูกข้าวโพดแบบอินทรีย์ช่วยลดมลพิษอากาศได้อย่างมีนัยสำคัญ (Supasiri *et al.*, 2020) สอดคล้องกับการศึกษาข้อมูลของ Tantivejyapitak (2019) ที่พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมมีแนวโน้มที่จะสร้างมลพิษทางอากาศที่เกิดจากสารเคมีสังเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง N₂O จากปุ๋ยเคมี และ VOCs จากสารกำจัดศัตรูพืช ฝุ่นละอองขนาด

เล็ก (PM2.5 และ PM10) ที่เกิดจากการเผาตอซังและเศษวัสดุทางการเกษตร เช่น ซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพด ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการกำจัดเศษเหลือทิ้งหลังเก็บเกี่ยว โดยฝุ่นเหล่านี้สามารถแขวนลอยในอากาศได้นานและส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น โรคทางเดินหายใจและมะเร็งปอด (Panmayura *et al.*, 2021) การเผาในที่โล่งนอกจากจะสร้างฝุ่นละอองแล้วยังปล่อยควันพิษและหมอกควัน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาหมอกควันข้ามพรมแดน โดยเฉพาะในภูมิภาคลุ่มน้ำโขงและภาคเหนือของประเทศไทย

การใช้ปุ๋ยเคมีและเครื่องจักรกลการเกษตรที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ ในระดับสูง จากงานวิจัยของ Moungsree *et al.* (2021) พบว่าในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้งเฉลี่ย 543.35 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ต่อไร่

(คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือในฤดูแล้งในปี พ.ศ. 2566 (พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 531,495 ไร่) มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 288,78.,808 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

นอกจากนี้การฉีดพ่นสารเคมีทางการเกษตรก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการระเหยและแพร่กระจายของสารพิษในอากาศ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์สิ่งแวดล้อม และสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ในระบบนิเวศ ดังนั้น ในขณะที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบเกษตรอินทรีย์จะมุ่งเน้นการลดหรือหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีทางการเกษตรและไม่เผาเศษวัสดุในที่โล่ง โดยเน้นการจัดการเศษวัสดุด้วยวิธีทางชีวภาพ เช่น การทำปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณมลพิษทางอากาศลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แทนปุ๋ยเคมีร้อยละ 50 และใช้ไบโอดีเซลแทนดีเซลฟอสซิล สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนได้ถึงร้อยละ 70 เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกแบบดั้งเดิม (Moungsree *et al.*, 2021) รวมทั้งการไม่ใช้สารเคมีทางการเกษตรจะช่วยลดการปนเปื้อนของสารพิษในอากาศและสิ่งแวดล้อมโดยรอบได้อีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมในภาคเหนือของไทยเป็นสาเหตุสำคัญของมลพิษทางอากาศซึ่งเกิดจากการเผาตอซังและเศษซากพืชรวมถึงการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีสังเคราะห์ในปริมาณมาก โดยฝุ่นควัน PM2.5 หมอกควัน และก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ภาคเหนือประกอบด้วย การเผาในประเทศไทย การเผาข้ามพรมแดน และการแพร่กระจายของสารเคมีที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในขณะที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบเกษตรอินทรีย์ที่เน้นการจัดการเศษซากพืชโดยไม่เผา การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และวิธีการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถลดปริมาณมลพิษทางอากาศได้อย่าง

ชัดเจนทั้งในด้านการลดฝุ่นควัน ลดการปล่อยฝุ่นละออง PM2.5 ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการลดการปนเปื้อนของสารเคมีในอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแม้ว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์จะยังคงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ N₂O และแอมโมเนียจากปุ๋ยอินทรีย์ รวมทั้งการปล่อยมลพิษจากเครื่องจักรกลการเกษตร แต่โดยทั่วไปมลพิษทางอากาศจะมีปริมาณน้อยกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม กล่าวโดยสรุปคือการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์โดยใช้วัสดุอินทรีย์และวิธีการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทำให้ปริมาณมลพิษโดยรวมต่ำกว่าและส่งผลดีต่อคุณภาพของดินและความหลากหลายทางชีวภาพ

เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบการปลูกแบบดั้งเดิมและระบบปลูกแบบอินทรีย์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์จะให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภค โดยหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีทุกชนิดและเน้นการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และการปลูกพืชหมุนเวียนเพื่อรักษาสมดุลของดินและลดการสะสมของศัตรูพืช เกษตรกรจะใช้วิธีการควบคุมโรคและแมลงโดยชีววิธีและการจัดการเชิงระบบ เช่น การปลูกพืชคลุมดินและการใช้ศัตรูธรรมชาติ ส่งผลให้ผลผลิตอาจต่ำกว่าการปลูกแบบดั้งเดิม แต่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมในระยะยาว (Moungsree *et al.*, 2021)

จากการทบทวนเอกสารพบว่า พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์ในภาคเหนือในปัจจุบันมีขนาดเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกแบบดั้งเดิม โดยข้อมูลย้อนหลังและรายงานสถานการณ์เกษตรอินทรีย์ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์ในภาคเหนือ มีสัดส่วนไม่ถึงร้อยละ 1 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมดในภูมิภาคนี้และมักอยู่ในรูปแบบโครงการนำร่องหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็กเท่านั้น (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2025) นอกจากนี้ ข้อมูลจากแหล่งข่าวและหน่วยงานราชการ

ยังไม่ปรากฏตัวเลขพื้นที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์แยกเฉพาะอย่างเป็นทางการ ข้อมูลในปัจจุบันจึงมีเพียงข้อมูลของเกษตรกรที่ได้รับใบรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งเป็นข้อมูลเฉพาะการปลูกข้าวโพดเพื่อการบริโภค ได้แก่ ข้าวโพดข้าวเหนียว ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดฝักสด ข้าวโพดสีม่วง และข้าวโพดฝักอ่อน เท่านั้น

ดังนั้น ข้อเสนอแนะจากการศึกษาโครงการ คือ รัฐบาลควรจะมีการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อินทรีย์มากขึ้น รวมทั้งมีการศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์ เพื่อชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าวิธีการปลูกแบบใดก่อให้เกิดผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบมากกว่ากัน และยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับหน่วยงานภาครัฐ หรือผู้กำหนดนโยบายในการประเมินความคุ้มค่าของโครงการส่งเสริมการเกษตร โดยช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลตอบแทนจากการลงทุนในโครงการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และจัดสรรงบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพไปยังโครงการที่ให้ผลตอบแทนสูงสุดต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในภาพรวม เพื่อนำไปสู่การทำการเกษตรที่ยั่งยืนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่ให้คำปรึกษาด้านวิชาการ ขอขอบคุณสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) และกรมวิชาการเกษตร สำหรับข้อมูลสถิติและรายละเอียดเชิงลึกเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่ภาคเหนือ นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าของผลงานทางวิชาการทุกท่านที่ได้นำมาอ้างอิง เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์เปรียบเทียบในครั้งนี้ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการเสนอแนวทางเพื่อลดมลพิษทางอากาศและส่งเสริมการทำการเกษตรที่ยั่งยืนสืบไป

เอกสารอ้างอิง

- Changsak, S., P. Thonglueang, S. Rungmekharat, R. Suwannamrak, and T. Phothisung. 2013. Effects of Different Fertilizer Applications on the Yield of Field Corn and Sweet Corn. pp. 448–455. *In Proceedings of 51st Kasetsart University Annual Conference: Plants*. Bangkok: The Thailand Research Fund. [in Thai]
- Chiang Mai University. 2015. **Chapter 3 production and marketing of animal feed corn in the northern part of Thailand**. Retrieved from https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2558/agbus60858rsy_ch3.pdf [in Thai]
- Chuenwong-Arun, K. 2020. **Soil Pollution**. Retrieved from <https://ngthai.com/science/27458/soil-pollution> [in Thai]
- Department of Agricultural Extension. 2019. **Organic farming promotes climate change mitigation and reduces air pollution**. Retrieved from <https://www.dcce.go.th/4007/> [in Thai]
- Department of Agricultural Extension. 2019. **Planting of corn for animal feed in the dry season after rice farming**. Retrieved from <https://esc.doae.go.th/ebooks/download-pdf/maize.pdf> [in Thai]

- Greenpeace. 2020. **Maize, land-use change, and transboundary air pollution.** Retrieved from <https://www.greenpeace.org/thailand/publication/16490/food-agriculture-haze-and-maize-report/> [in Thai]
- Highland Research and Development Institute (Public Organization). 2024. **About the highland conditions.** Retrieved from <https://www.hrdi.or.th/About/Highland> [in Thai]
- Inprasit, S. 2024. **Impact of the use of chemicals in agriculture.** Retrieved from <https://www.onep.go.th> [in Thai]
- Kantanamalakul, C. 2017. **Animal feed corn logistics management of the animal feed industry in the central region of Thailand: part 1, animal feed corn industry and logistics management.** Retrieved from <https://shorturl.at/8AZ1s> [in Thai]
- Kasikorn Research Center Co., Ltd. 2024. **Econ digest: in 2024, Thailand is expected to import 5.2% more animal feed corn, with nearly all of it coming from countries in the CLM region.** Retrieved from <https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages/Corn-CIS3477-FB-28-03-2024.aspx> [in Thai]
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2025. **Central database of farmers who have received organic agricultural certification.** Retrieved from <https://organicmoac.ddd.go.th/agriculture/#/reports> [in Thai]
- Moungsree, S., S. Polprasert, T. Neamhom and W. Patthanaissaranukool. 2021. Carbon emission from maize cultivation in the dry season of Thailand. **Thai Science and Technology Journal** 29(6): 951–965. [in Thai]
- Nakhon Sawan Field Crops Research Center. 2018. **Fertilizer use based on soil analysis in animal feed corn production.** Retrieved from <https://www.doa.go.th/fc/nakhonsawan/?p=912> [in Thai]
- Office of Agricultural Economics. 2024. **Agricultural statistics of Thailand 2023** Retrieved from <https://www.agrithai.org/wpcontent/uploads/2024/03/statistic2566.pdf> [in Thai]
- Panmayura, S., P. Kaewwongwattana and C. Utapao. 2021. A Study of Particulated Matters 2.5 Microns from the Burning of Corn Stubble. pp. ENV. 03-1-6. *In Proceedings of the 26th National Convention on Civil Engineering, 23-25 June 2021.* Bangkok: Department of Civil Engineering, KMITL. [in Thai]
- Sukuman, T., S.H. Gheewala, I. Saizen and T. Prapasongsa. 2025. Life cycle assessment of agricultural systems toward sustainable practices in Thailand. **Sustainable Production and Consumption** 58: 203–220. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.06.015>

Supasri, T., N. Itsubo, S.H. Gheewala and S. Sampattagul. 2020. Life cycle assessment of maize cultivation and biomass utilization in northern Thailand. **Scientific Reports** 10: 3516. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60532-2>

Suwannasen, Y., P. Thiampeng and T. Ngamngon. 2012. **Sustainable Plant Cultivation System Development Project in Rainfed Areas**. 24 p. *In* Research Report. Bangkok: Department of Agriculture. [in Thai]

Tantivejyapitak, W. 2019. **Corn and sugarcane are the leading causes of toxic smog**. Retrieved from <https://www.the101.world/toxic-smog-from-corn-and-sugarcane-farming/> [in Thai]

ประเมินผลของขนาดแม่กุ้งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำต่ออัตราการไข่ทิ้ง
ของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี (*Panulirus ornatus*) และอิทธิพลของแสงและช่วงเวลาการให้อาหาร
ต่อลูกกุ้งระยะ Phyllosoma
Effects of Female Size and Changes in Water Quality on Egg Abandonment
in Ornate Spiny Lobster (*Panulirus ornatus*), and Influence of Light
and Feeding Timing on Phyllosoma Larval

รุ่งทิวา คนสันทัด* และวาสนา อากรรัตน์

Rungtiwa Konsantad* and Wasana Arkronrat

สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจวบคีรีขันธ์ 77000

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

*Corresponding author: ffsrik@ku.ac.th

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0005-2112-0954>

Received: March 25, 2025

Revised: December 22, 2025

Accepted: January 12, 2026

Abstract

The cultivation of ornate spiny lobster (*Panulirus ornatus*) faced several challenges, including egg abandonment (EA) by females in hatcheries and unexplained mortality of early-stage larvae, which affect hatchery efficiency. This study aimed to evaluate the effects of female size and water quality changes during rearing that could influence EA behavior in the hatchery, and to examine the influence of light and feeding timing on primary phyllosoma larvae. The experiment was divided into two parts: (1) an initial study to identify trends in the effects of size (carapace length, CL and body weight, BW) and water quality on the daily EA rate of female broodstock (n=5), and (2) a factorial design (2×4 factors) to assess the joint influence of light (two lighting conditions) and live-food feeding intervals (four time periods) on feeding rate and mortality of primary phyllosoma (n=3). Results showed that EA rates varied among females kept at mean salinity of 30.67 ± 1.15 ppt, with CL of 124–148 mm and BW of 1,967–2,740 g ($P < 0.05$). The mean daily EA ranged from 1.89 ± 0.25 to 8.25 ± 4.38 g/day, and brood-size did not correlate with EA rate. Total ammonia changes during rearing were positively associated with EA rate ($r = 0.90$, $P = 0.032$), whereas changes in water quality in terms of physical (temperature) and chemical (dissolved oxygen concentration, pH, nitrite concentration, and alkalinity) properties showed no significant associations. In addition, we found that feeding period affected the eating habits of phyllosoma larva, whereby feeding from 12:00–06.00 p.m. resulted in greater consumption ($P < 0.05$). On the other hand, light condition had no effect on feeding habit and mortality rates of phyllosoma for rearing under

natural light and dark conditions ($P>0.05$). This study indicates that maintaining ammonia levels in water to prevent impacts on EA and aligning feeding times with the phyllosoma's optimal feeding period can enhance breeding and rearing efficiency of this lobster.

Keywords: egg abandonment, lobster breeding, ovigerous female lobster, phyllosoma nursing

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงกุ้งมังกรเจ็ดสี (*Panulirus ornatus*) เผชิญกับความท้าทายหลายประการ รวมถึงปัญหาการเลี้ยงไข่ของแม่กุ้งในโรงเพาะฟักและการตายของลูกกุ้งระยะแรกฟักโดยไม่ทราบสาเหตุ ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยง งานวิจัยนี้ประเมินผลของขนาดแม่กุ้งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่อาจมีผลต่อพฤติกรรมเลี้ยงไข่ รวมถึงอิทธิพลของแสงและช่วงเวลาต่อการเลี้ยงลูกกุ้งระยะ primary phyllosoma การทดลองครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ (1) การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นถึงผลของขนาดตัว (ความยาวเปลือกคลุมหัว และน้ำหนักตัว) และคุณภาพน้ำต่ออัตราการเลี้ยงไข่ทั้งของแม่กุ้ง ($n=5$) และ (2) ทดลองแบบแฟกทอเรียล (2×4 factors) เพื่อประเมินอิทธิพลร่วมของแสง (2 สภาวะ) และช่วงเวลาการให้อาหารมีชีวิต (4 ช่วงเวลา) ต่ออัตราการกินอาหารและการตายของลูกกุ้งระยะ primary phyllosoma ($n=3$) ผลการศึกษาพบว่า ที่ความเค็มเฉลี่ย 30.67 ± 1.15 ส่วนในพันส่วน อัตราการเลี้ยงไข่ทั้งของแม่กุ้งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างแม่กุ้งที่มีขนาดเปลือกคลุมหัว 124–148 มม. และน้ำหนัก 1,967–2,740 กรัม โดยอัตราการเลี้ยงไข่เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.89 ± 0.25 – 8.25 ± 4.38 กรัม/วัน ซึ่งขนาดแม่กุ้งไม่มีผลต่ออัตราการเลี้ยงไข่ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียรวมระหว่างเลี้ยงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการเลี้ยงไข่ ($r=0.90$, $P=0.032$) ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางกายภาพ (อุณหภูมิ) และทางเคมี (ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจน และความเป็นต่าง) ไม่มีความสัมพันธ์ต่ออัตรา

การเลี้ยงไข่ นอกจากนี้ ช่วงเวลาที่มีผลต่อการกินอาหารของลูกกุ้ง โดยกินอาหารในช่วงเวลา 12.00–18.00 น. มากกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ ($P<0.05$) ด้านอิทธิพลของแสงพบว่าที่สภาวะแสงปกติกับที่สภาวะแสงปิดคลุมตลอดเวลาไม่มีผลต่ออัตราการกินอาหารและอัตราการตายของลูกกุ้งระยะ primary phyllosoma ($P>0.05$) การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การควบคุมแอมโมเนียในน้ำให้อยู่ในระดับไม่กระทบต่ออัตราการเลี้ยงไข่ทั้ง และปรับเวลาให้อาหารให้ตรงกับช่วงกินของ phyllosoma ที่เหมาะสมที่สุด สามารถนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะพันธุ์และอนุบาลกุ้งมังกรเจ็ดสีได้

คำสำคัญ: การเลี้ยงไข่ทั้ง การเพาะพันธุ์กุ้งมังกร แม่กุ้งมังกรไข่ติดหน้าท้อง การอนุบาลลูกกุ้ง มังกร

บทนำ

กุ้งมังกรเจ็ดสี (*Panulirus ornatus*) เป็นครัสเตเชียนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในวงการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงและเป็นที่ต้องการของตลาด ด้วยรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์และเนื้อที่มีคุณภาพสูง กุ้งมังกรชนิดนี้จึงได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะประเทศในแถบเอเชียแปซิฟิก รวมถึงประเทศไทย (Petersen *et al.*, 2020; Chamnina *et al.*, 2021; Nankervis and Jones, 2022) ซึ่งการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงกุ้งมังกรเจ็ดสีมีความสำคัญและควรดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพราะสามารถช่วยให้อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งมังกรเติบโต

ได้อย่างยั่งยืน และเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Utama *et al.*, 2021; Nankervis and Jones, 2022)

สำหรับประเทศไทยความท้าทายในการเพาะเลี้ยงกุ้งมังกรยังคงมีอุปสรรคที่ต้องได้รับการแก้ไขหลายประการ ได้แก่ การขาดแคลนทรัพยากรพ่อแม่พันธุ์และลูกพันธุ์ เทคนิคการอนุบาลลูกกุ้ง การพัฒนาระบบและรูปแบบการเลี้ยง และการศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง (Chamnina *et al.*, 2021; Oniam *et al.*, 2021; Arkronrat *et al.*, 2024) ซึ่งปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงกุ้งมังกรในประเทศไทยมีอยู่ไม่มากนัก เนื่องจากข้อจำกัดหลายประการ (Arkronrat *et al.*, 2024) อย่างไรก็ตาม การนำไปสู่ความสำเร็จของการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเซียนนั้น ปัญหาหลักที่พบระหว่างดำเนินการ คือ การเชื้อไขทิ้งของแม่พันธุ์ขณะอยู่ในโรงเพาะฟัก โดยเฉพาะมักเกิดกับแม่พันธุ์ที่มีไข่ติดหน้าท้อง เช่น ปู กุ้งมังกร (Quackenbush, 1994; Kittaka *et al.*, 2005; Kaewmak *et al.*, 2020) โดย Quackenbush (1994) รายงานว่า ระหว่างการเพาะฟักกุ้งมังกร *Panulirus spp.* ร้อยละ 40-70 ของจำนวนไข่ทั้งหมดอาจสูญหายไป ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงการสภาวะการเชื้อไขทิ้งของแม่กุ้งได้ โดยปัจจัยแวดล้อมน่าจะจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเชื้อไขทิ้งมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการเชื้อไขทิ้งของแม่กุ้งมังกรจะเป็นไปตามสมมติฐานที่เหมือนกับสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเซียนอื่น ๆ ตามที่มีรายงานมาก่อนหน้านี้หรือไม่นั้น (Quackenbush, 1994; Kittaka *et al.*, 2005; Kaewmak *et al.*, 2020) เป็นสิ่งที่ควรศึกษานอกจากนี้ การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อม โดยเฉพาะแสงที่ส่งผลต่อพฤติกรรมกินอาหาร และการอยู่รอดของลูกสัตว์น้ำในกลุ่มนี้ ก็มีความสำคัญในระดับต้น ๆ ต่อการเตรียมการหรือวางแผนการเลี้ยงให้เหมาะสม เนื่องจากวัยอ่อนของลูกสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเซียนส่วนใหญ่มีความไวต่อแสง และแสงมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตและอัตราการรอดตายของลูกสัตว์น้ำเหล่านี้โดยตรง

(Limsuwan *et al.*, 2009; Srithong *et al.*, 2016) ซึ่งแนวทางการจัดการแม่พันธุ์และลูกพันธุ์สัตว์น้ำที่มีประสิทธิภาพ มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะฟัก อัตราการรอดของลูกสัตว์น้ำ (Boyd *et al.*, 2020) ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของขนาดแม่กุ้งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำต่ออัตราการเชื้อไขทิ้งของแม่กุ้ง และอิทธิพลของแสงและช่วงเวลากินอาหารต่อการเลี้ยงลูกกุ้งระยะ phyllosoma เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่นำไปสู่การบริหารจัดการแม่กุ้งมังกรที่มีไข่ติดหน้าท้อง รวมถึงการเตรียมการอนุบาลลูกกุ้งมังกรระยะแรกฟักได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดการสูญเสียของไข่ แต่ยังช่วยเพิ่มผลผลิตของลูกกุ้งมังกรระยะแรกฟักอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้ แบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ 1) การศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาแนวโน้มด้านอิทธิพลของขนาดแม่กุ้งและคุณภาพน้ำต่ออัตราการเชื้อไขทิ้งของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี (*P. ornatus*) โดยออกแบบการศึกษาแบบ Single-Subject Design (SSD) จากตัวอย่างแม่กุ้ง 5 ตัว (n=5) และ 2) วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (2x4 factors) เพื่อศึกษาผลของอิทธิพลร่วมระหว่างแสง (2 สภาวะแสง) และช่วงเวลากินอาหารมีชีวิต (4 ช่วงเวลา) ต่ออัตราการกินอาหารและการตายของลูกกุ้งระยะแรกฟัก (primary phyllosoma) (n=3)

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ขนส่งแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี (*P. ornatus*) ที่มีไข่ติดหน้าท้อง (ovigerous females) (Figure 1) ที่รวบรวมได้โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งมังกรในกระชังนอกชายฝั่ง ตำบลวิจิต อำเภอมะนังภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ทางรถยนต์โดยใส่ถังพลาสติกพร้อมให้อากาศ เพื่อนำมาศึกษาที่โรงเพาะฟักของสถานีวิจัยประมงคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2567 เมื่อถึงสถานที่วิจัยลดโอกาสการติดเชื้อจากแม่กุ้งสู่ระบบโรงเพาะโดยการแช่แม่กุ้งในฟอร์มาลิน 100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) นาน 10 นาที จากนั้นย้ายไปแช่ในออกซิเตตราไซคลิน 50 ส่วนในล้านส่วน นาน 1 ชั่วโมง ก่อนปล่อยลงบ่อพัก (Sawaddee *et al.*, 2021) เพื่อเตรียมการศึกษาต่อไป

การพิจารณาระยะพัฒนาการของไข่ติดหน้าท้อง

แม่กุ้งมังกรพิจารณาตามวิธีของ Oniam *et al.* (2021) โดยตัวอ่อนที่แบ่งเซลล์อยู่ภายในเปลือกไข่ สีของไข่จะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีส้มสว่าง (bright orange) ซึ่งเป็นไข่ระยะแรกเป็นสีส้ม (orange) สีส้มเข้ม (dark orange) สีส้มปนน้ำตาล (orange brown) และสีน้ำตาล (dark brown) ตามลำดับ ซึ่งไข่ติดหน้าท้องระยะสีน้ำตาลเป็นระยะเป้าหมายของการนำมาศึกษา

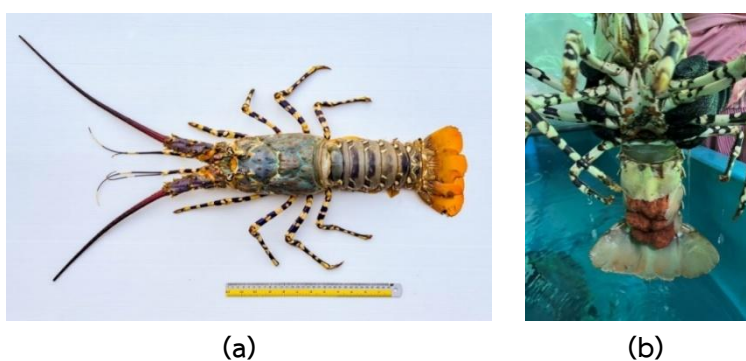


Figure 1 Ornate spiny lobster, *Panulirus ornatus* (a) and characteristic of eggs attached to pleopods on the abdomen of ovigerous female (b)

วิธีดำเนินการวิจัย

การประเมินผลของขนาดแม่กุ้งและคุณภาพน้ำต่ออัตราการเสียชีวิตของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี

สุ่มแม่กุ้งที่มีไข่ติดหน้าท้องระยะปลายสีน้ำตาลจำนวน 5 ตัว (n=5) มาเลี้ยงภายใต้ระบบโรงเพาะฟักที่มีการดูแลรักษาสุขภาพ และสภาพปัจจัยแวดล้อมของการเลี้ยงเพื่อการวิจัยตามหลักสวัสดิภาพสัตว์ (animal welfare) ตามหลักสากล (Johnston and Jungalwalla, 2000) วัดขนาดความยาวเปลือกคลุมหัว (carapace length) ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์หน่วยเป็นมิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักของแม่กุ้ง (total weight) ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (SUNFORD รุ่น KAH5000S) หน่วยเป็นกรัม จากนั้นนำแม่กุ้งปล่อยลงในถังพัฒนาระยะไข่ (incubation tank) โดยใช้ถังไฟเบอร์ขนาดความจุ 500

ลิตร (กว้าง 0.8 เมตร × ยาว 1.65 เมตร × สูง 0.60 เมตร) ปล่อยแม่กุ้ง 1 ตัว/ถัง ระหว่างการเลี้ยงให้อาหารสดแบบผสม ได้แก่ หอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) และปลาหมึก (*Loligo spp.*) โดยให้หอยแมลงภู่ทั้งตัว (รวมเปลือก) ส่วนปลาข้างเหลืองและปลาหมึกให้แบบหั่นเป็นชิ้น ๆ ละครั้งตัว สลับกันวันละ 1 มื้อ (เวลา 17.00 น.) ที่อัตราประมาณ 5 %/น้ำหนักตัว/วัน นาน 10 วัน

ระหว่างการเลี้ยงเก็บรวบรวมไข่ที่แม่กุ้งมังกรเจ็ดสีเสียชีวิตอยู่ที่ก้นถังในแต่ละวัน โดยใช้สายยางขนาดเล็ก ดูดรวบรวมไข่ที่พื้นถังมาใส่ในสวิงขนาดตา 120 ไมโครเมตร จากนั้นนำตัวอย่างไข่ในสวิงไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกปริมาณไข่ที่แม่กุ้งเสียชีวิตทุกวัน เพื่อประเมินอัตราการเสียชีวิต (egg abandonment rate) หน่วยเป็นกรัม/วัน นอกจากนี้

สุ่มตัวอย่างไข่มานับจำนวนภายใต้กล้องสเตอริโอไมโครสโคป เพื่อประเมินจำนวนไข่ต่อน้ำหนักไข่ 1 กรัมของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีแต่ละตัว โดย

$$\text{จำนวนไข่ (ฟอง/กรัม)} = \frac{\text{จำนวนไข่ที่สุ่มนับ (ฟอง)} \times \text{น้ำหนักไข่ 1 กรัม}}{\text{น้ำหนักไข่ที่สุ่มนับ (กรัม)}}$$

นอกจากนี้ ดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% พร้อมตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ (อุณหภูมิ น้ำ) และทางเคมี (ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนียรวม ไนโตรเจน และความเป็นด่าง) ในระหว่างการเลี้ยงทุก 3 วัน ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำด้วยเครื่องมือและวิธีการ ดังนี้

อุณหภูมิของน้ำและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) วัดด้วย DO meter (YSI Pro20i) ความเค็มของน้ำวัดด้วย Salinity refractometer (Master-S10 alpha) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำวัดด้วย pH meter (pH Testr30) จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำประมาณ 200 มล. ใส่ขวดพลาสติกเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียรวมด้วยวิธี Koroleff's indophenol blue method ไนโตรเจนด้วยวิธี Colorimetric method และความเป็นด่างด้วยวิธี Titration method ตามขั้นตอนและวิธีมาตรฐานของ APHA, AWWA and WEF (2023) สำหรับการวัดการดูดกลืนคลอรีนแสงในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ศึกษาอิทธิพลของแสงและช่วงเวลาการให้อาหารต่ออัตราการกินอาหารและอัตราการตายของลูกกุ้งมังกรเจ็ดสีระยะ primary phyllosoma

นำแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีที่มีไข่ติดหน้าท้องระยะปลายสีน้ำตาล มาดำเนินการเพาะฟักในถังไฟเบอร์ขนาดความจุ 500 ลิตร (hatching tank) เติมน้ำ 400 ลิตร โดยปล่อยแม่กุ้ง 1 ตัว/ถัง ระหว่างการเลี้ยงให้อาหารสดแบบผสมตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้ว เพื่อรอให้ไข่ฟัก และหลังจากไข่ที่ติดอยู่ที่หน้าท้องของแม่กุ้งฟักออกเป็นตัวหมดแล้ว

จึงสุ่มลูกกุ้งระยะ primary phyllosoma มาดำเนินการศึกษาต่อไป

ศึกษาอัตราการกินอาหารมีชีวิต และอัตราการตายเฉลี่ยต่อวันของลูกกุ้งมังกรเจ็ดสีระยะ primary phyllosoma ในสภาวะแสงปกติกับสภาวะปิดคลุมมืดตลอดเวลา รวมถึงทดสอบความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (interaction effects) ระหว่างอัตราการกินอาหารมีชีวิตใน 4 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาที่ 1: 06.00–12.00 น. ช่วงเวลาที่ 2: 12.00–18.00 น. ช่วงเวลาที่ 3: 18.00–24.00 และ ช่วงเวลาที่ 4: 00.00–06.00 น. ร่วมกับอิทธิพลของแสง 2 สภาวะ (สภาวะแสงปกติและสภาวะปิดคลุมมืดตลอดเวลา) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) ช่วงเวลาที่ 1 + สภาวะแสงปกติ 2) ช่วงเวลาที่ 2 + สภาวะแสงปกติ 3) ช่วงเวลาที่ 3 + สภาวะแสงปกติ 4) ช่วงเวลาที่ 4 + สภาวะแสงปกติ 5) ช่วงเวลาที่ 1 + สภาวะปิดคลุมมืดตลอดเวลา 6) ช่วงเวลาที่ 2 + สภาวะปิดคลุมมืดตลอดเวลา 7) ช่วงเวลาที่ 3 + สภาวะปิดคลุมมืดตลอดเวลา และ 8) ช่วงเวลาที่ 4 + สภาวะปิดคลุมมืดตลอดเวลา โดยนำลูกกุ้งอายุ 1 วันหลังฟัก ปล่อยลงในหลอดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. สูง 14.8 ซม. ที่ปริมาตรน้ำ 12 มล. ที่อัตรา 1 ตัว/หลอดทดลอง (แต่ละซ้ำบันทึกข้อมูลจากลูกกุ้ง phyllosoma จำนวน 15 ตัว) ให้อาหารมีชีวิต ได้แก่ อาร์ทีเมีย (*Artemia* spp.) แรกฟัก โดยเริ่มต้นจำนวนอาหารมีชีวิตที่ 20 ตัว/วัน (เริ่มให้เวลาประมาณ 6.00 น.) จากนั้นนับจำนวนตัวของอาหารมีชีวิตที่ลูกกุ้งกินทุก 6 ชั่วโมง ตามช่วงเวลาและสภาวะที่กำหนด ที่ระยะเวลาดำเนินการ 72 ชั่วโมง (3 วัน)

บันทึกข้อมูลจำนวนตัวของอาหารมีชีวิตที่ลูกกุ้งกินในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวัน (Oniam *et al.*, 2021) และบันทึกอัตราการตายของลูกกุ้งต่อวัน ตลอดระยะเวลาการศึกษา โดยอัตราการกินอาหารต่อวัน และอัตราการตายต่อวันของลูกกุ้งมังกรระยะ primary phyllosoma หาได้ดังนี้

$$\text{อัตราการกินอาหาร (ตัว/วัน)} = \frac{\sum \text{จำนวนอาหารมีชีวิตที่ลูกกุ้งกิน ณ เวลา } t}{t} \text{ ทั้งหมด}$$

อัตราการตาย (%/วัน) = $\frac{[\sum (\text{จำนวนลูกกุ้งที่ตาย ณ เวลา } t \times 100) / t]}{t \text{ ทั้งหมด}}$
 เมื่อ t = ระยะเวลา (วัน)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การประเมินผลขนาดแม่กุ้งและคุณภาพน้ำต่ออัตราการเสียชีวิตของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี วิเคราะห์โดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแม่กุ้งและคุณภาพน้ำกับอัตราการเสียชีวิตโดยใช้ Pearson's correlation coefficient ตามเกณฑ์ (Hinkle *et al.*, 2003) นอกจากนี้วิเคราะห์อิทธิพลร่วมของแสงและช่วงเวลาต่ออัตราการกินอาหารด้วย two-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ด้วย IBM SPSS Statistics for Windows (version 24.0)

ผลการวิจัย

การประเมินผลของขนาดแม่กุ้งและคุณภาพน้ำต่ออัตราการเสียชีวิตของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี

การเลี้ยงแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีที่มีไซโตดิคโทนีออสทั้ง 5 ตัว ที่มีขนาดความยาวเปลือกคลุมหัวอยู่ที่ 144, 127, 148, 146 และ 142 มม. (เฉลี่ย 140.80±9.65 มม.) น้ำหนักตัว 2,740, 1,967, 2,530, 2,415 และ 2,420 กรัม (เฉลี่ย 2,392.00±327.81 กรัม) โดยมีปริมาณไข่ 7,938, 9,372, 6,164, 10,869 และ 5,897 ฟอง/กรัม (เฉลี่ย 8,048±2,115 ฟอง/กรัม) ตามลำดับ ที่ความเค็มเฉลี่ย 30.67±1.15 ส่วนในพันส่วน พบว่าระหว่างการเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.96±0.75 ถึง 27.10±0.60°ซ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.90±0.28 ถึง 4.05±0.11 มก./ลิตร ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.97±0.51 ถึง 7.55±0.04 ปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.33±0.30 ถึง 0.55±0.54 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยอยู่ในช่วง

0.02±0.03 ถึง 0.10±0.13 มก./ลิตร และความเป็นต่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 181.33±8.50 ถึง 188.33±13.31 มก./ลิตร ซึ่งค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ยแต่ละพารามิเตอร์ในถังไฟเบอร์ที่เลี้ยงแม่กุ้งแต่ละตัวไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนด้านอัตราการเสียชีวิตของแม่กุ้งที่อยู่ในระบบเพาะพักพบว่า แม่กุ้งมังกรเจ็ดสีแต่ละตัวมีอัตราการเสียชีวิตต่อวันแตกต่างกัน (P<0.05) โดยมีอัตราการเสียชีวิตอยู่ที่ 1.89±0.25 ถึง 8.25±4.38 กรัม/วัน (Figure 2) ทั้งนี้ขนาดความยาวเปลือกคลุมหัว และน้ำหนักตัวของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตต่อวัน (r=0.35, P=0.559 และ r=0.06, P=0.919 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่า อัตราการเสียชีวิตต่อวันน่าจะมาจากปัจจัยอื่นมากกว่าปัจจัยด้านขนาดของแม่กุ้ง

การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับอัตราการเสียชีวิตของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีที่มีไซโตดิคโทนีออส พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียรวมระหว่างการเลี้ยงมีความสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีในทิศทางเดียวกันในระดับที่สูงมาก (r=0.90) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (r=0.76) ความเป็นต่าง (r=0.82) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (r=-0.17) ความเป็นกรดเป็นด่าง (r=-0.53) และปริมาณไนโตรเจน (r=-0.01) ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี (P>0.05) (Figure 3)

ผลของอิทธิพลของแสงและช่วงเวลาการให้อาหารต่ออัตราการกินอาหารและอัตราการตายลูกกุ้งมังกรเจ็ดสีระยะ primary phyllosoma

จากการศึกษาพบว่า อัตราการกินอาหารมีชีวิตและอัตราการตายเฉลี่ยต่อวันของลูกกุ้งมังกรเจ็ดสี ระยะ primary phyllosoma ในสภาวะแสงปกติกับสภาวะปิดคลุมมืดตลอดเวลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยลูกกุ้งมังกรระยะนี้มีอัตราการกินอาหารที่เฉลี่ยแรกพักเฉลี่ย 10.11±1.96 และ 9.58±1.05 ตัว/วัน และมีอัตราการตายเฉลี่ย 14.07±3.39 และ 11.11±3.84

เปอร์เซ็นต์/ต่อวัน ในชุดทดลองสภาวะแสงปกติและสภาวะปิดคลุมมืด ตามลำดับ (Figure 4)

นอกจากนี้ เมื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วมระหว่างอิทธิพลของแสงกับช่วงเวลาการให้อาหารต่ออัตราการกินอาหาร พบว่าสองปัจจัยนี้ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่ออัตราการกินอาหารของลูกกุ้งมังกรเจ็ดสี ระยะ primary phyllosoma (Table 1) แต่

ช่วงเวลาการให้อาหารมีผลโดยตรงกับอัตราการกินอาหารของลูกกุ้งระยะนี้ คือ ลูกกุ้งจะกินอาหารในช่วงเวลา 12.00–18.00 น. (กินอาหารเฉลี่ย 4.77 ± 1.50 ตัว) มากกว่าช่วงเวลาอื่น รองลงมาคือ ช่วงเวลา 24.00–06.00 น. (กินเฉลี่ย 2.39 ± 0.68 ตัว) และ 18.00–24.00 น. (กินอาหารเฉลี่ย 1.21 ± 0.34 ตัว) ตามลำดับ (Figure 5)

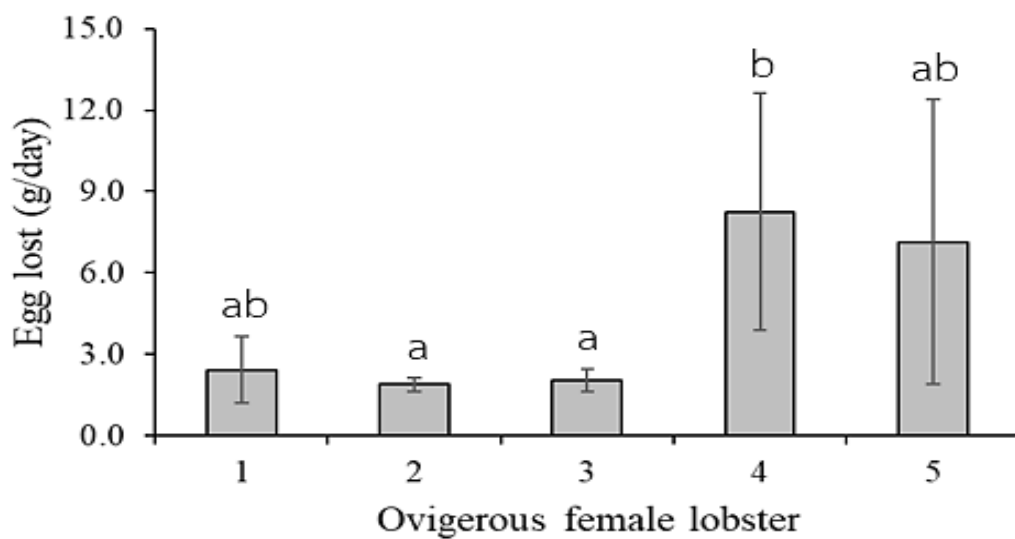


Figure 2 Egg loss (g/day) in ovigerous female of ornate spiny lobster during the rearing period in a hatchery condition. Five female lobsters had carapace lengths of 144, 127, 148, 146, and 142 mm; body weights of 2,740, 1,967, 2,530, 2,415, and 2,420 g; and egg yields of 7,938, 9,372, 6,164, 10,869, and 5,897 eggs/g, respectively. Different lowercase letters above the bars indicate a significant difference ($P < 0.05$).

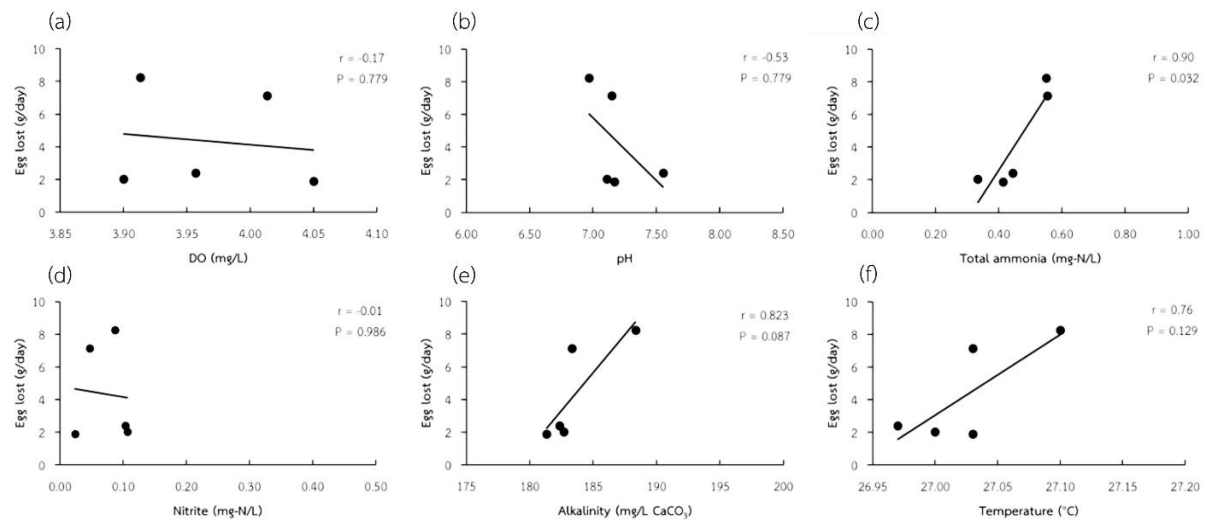


Figure 3 Correlation between water qualities and egg lost in ovigerous female of ornate spiny lobster under hatcher conditions (n=5); DO (a), pH (b), total ammonia (c), nitrite (d), alkalinity (e) and temperature (f)

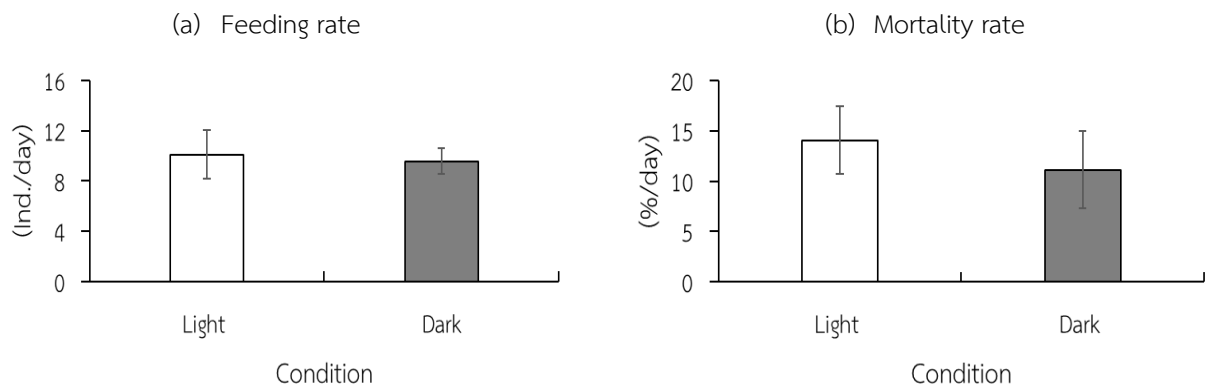
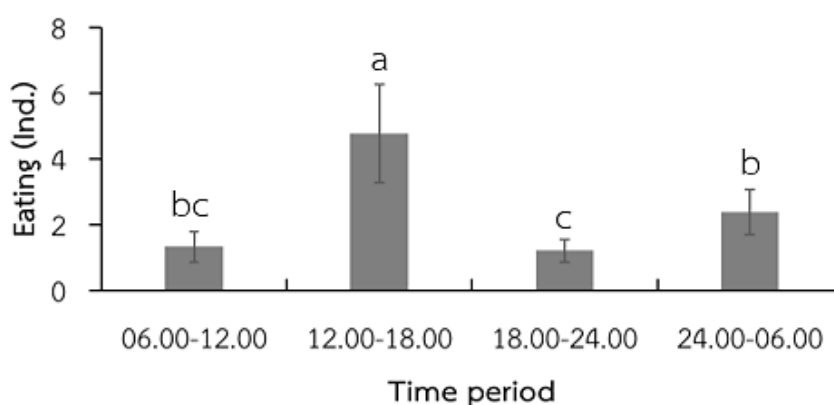


Figure 4 Feeding rate (a) and mortality rate (b) of phyllosoma larvae of ornate spiny lobster under light and dark conditions

Table 1 ANOVA table for the two-way analysis of variance evaluating the effects of light influence, during time, and the interaction

Two-way ANOVA	SS	DF	MS	F	P-value
Intercept	141.620	1	141.620	168.729	0.000
Light influence (1)	0.304	1	0.304	0.362	0.556
During time (2)	49.073	3	16.358	19.489	0.000
(1)*(2)	1.560	3	0.520	0.620	0.612
Error	13.429	16	0.839		

**Figure 5** Comparison of phyllosoma larvae of ornate spiny lobster ate live feed (*Artemia nauplii*) in each time periods. Different lowercase letters above the bars indicate a significant difference ($P < 0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

แม้ว่าแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีแต่ละตัวมีอัตราการเขี้ยวไข่ทั้งเฉลี่ยต่อวันแตกต่างกัน แต่ขนาดความยาวเปลือกคลุมหัว และน้ำหนักตัวของแม่กุ้งไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเขี้ยวไข่ทั้ง หรือไม่มีแนวโน้มให้เกิดอัตราการเขี้ยวไข่ทั้งต่อวันเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่า อัตราการเขี้ยวไข่ทั้งต่อวันมาจากปัจจัยอื่นมากกว่าปัจจัยด้านขนาดของแม่กุ้ง ในทางตรงกันข้ามมีความเป็นไปได้ที่การเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียรวมระหว่างการเลี้ยง

ในปริมาณที่มากกว่า 0.4 มก./ลิตร ส่งผลต่อแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีที่อยู่ในสถานะนี้ให้มีแนวโน้มของอัตราการเขี้ยวไข่ทั้งต่อวันเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่เดียวกัน การเปลี่ยนแปลงของระดับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณไนโตรเจน และความเค็มต่าง ภายใต้การศึกษานี้ไม่มีแนวโน้มที่ส่งผลต่ออัตราการเขี้ยวไข่ทั้งของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการควบคุมคุณภาพน้ำในระบบการเพาะฟัก โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียรวมให้อยู่ในระดับที่มีแนวโน้มไม่ส่งผลต่อการเขี้ยวไข่ทั้งของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี

โดยสาเหตุที่ในระบบการเลี้ยงแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีภายใต้ การศึกษานี้ มีปริมาณแอมโมเนียรวมสะสมอยู่จนส่งผลต่อ การเชื้อไขทั้งนั้น อาจมาจากการเลี้ยงแม่กุ้งด้วยอาหารสด เนื่องจากการเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยอาหารสดมักส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงมากกว่า การเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป โดยเฉพาะเกิดการสะสม ของสารประกอบไนโตรเจนในน้ำ ได้แก่ แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ที่สูงกว่าปกติ (Boyd *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตาม อาหารสดยังคงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดของการจัดการ ด้านอาหารสำหรับการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำกลุ่ม ครัสเตเชียนหลายชนิด เนื่องจากช่วยเสริมสร้างระบบสืบพันธุ์ ได้ดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป ประกอบกับ หากมีการให้อาหารสดที่มีความหลากหลาย หรือ mixed feeding ยิ่งช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโต และความ สมบูรณ์ของระบบสืบพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์ได้ดียิ่งขึ้น (Oniam *et al.*, 2012; Azra and Ikhwanuddin, 2016) แต่การเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยอาหารสดต้องระวังเรื่องของการ สะสมของสารประกอบไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงควบคุมตามไป ด้วย (Boyd *et al.*, 2020)

แม้ว่าผลงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของ ปริมาณแอมโมเนียรวมที่สูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่ออัตราการเชื้อ ไขทั้งต่อวันของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีที่เพิ่มขึ้น แต่ยังคงต้อง พิจารณาว่าพฤติกรรมการเชื้อไขทั้งของแม่กุ้งมังกรจะ เป็นไปตามสมมุติฐานที่เหมือนกับสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเชียน อื่น ๆ หรือไม่ กล่าวคือ การเชื้อไขทั้งอาจเป็นวิถีหรือ พฤติกรรมตามธรรมชาติในการเพิ่มโอกาสการรอดชีวิต ของตัวอ่อน หรือเนื่องจากครัสเตเชียนเพศเมียที่มีไข่ติด หนำท้องอาจให้ความสำคัญกับการอยู่รอดของตัวเอง มากกว่าการดูแลไข่ภายใต้สภาวะปัจจัยแวดล้อมที่ไม่ เอื้ออำนวย (Quackenbush, 1994; Kittaka *et al.*, 2005; Kaewmak *et al.*, 2020) สมมุติฐานนี้ยังคงเป็น สมมุติฐานที่แสดงถึงความซับซ้อนระหว่างปัจจัยแวดล้อม กับพฤติกรรมการเชื้อไขทั้งในครัสเตเชียนที่ยังคงคลุมเครือ อยู่จนถึงปัจจุบัน

นอกจากนี้ การศึกษาการเลี้ยงลูกกุ้งมังกรเจ็ดสี ระยะเวลา phyllosoma ในสภาวะแสงปกติกับแสงปิดคลุม ตลอดเวลา แสดงให้เห็นว่าแสงไม่ใช่ปัจจัยแวดล้อม ที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิต หรือการอยู่รอดของลูกกุ้งระยะนี้ แต่ในทางตรงกันข้าม การอนุบาลลูกสัตว์น้ำในกลุ่ม ครัสเตเชียนที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ แสงถือว่าเป็นปัจจัยแวดล้อมสำคัญที่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และพัฒนาการระยะวัยอ่อน เช่น ลูกกุ้งขาวแวนนาไม *Litopenaeus vannamei* (Limsuwan *et al.*, 2009) และลูกกุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii* (Srithong *et al.*, 2016) เป็นต้น

การศึกษารังนี้ยังชี้ให้เห็นอีกว่าลูกกุ้งมังกรเจ็ดสี ระยะเวลา primary phyllosoma จะกินอาหารในช่วงเวลา 12.00–18.00 น. มากกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ และในรอบวัน phyllosoma จะกินอาร์ทีเมียแรกฟักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9–10 ตัว/วัน ซึ่งถือว่าเมื่ออัตราการกินอาร์ทีเมียแรกฟักต่อวัน สูงเมื่อเทียบกับปริมาณการกินอาร์ทีเมียแรกฟักต่อวันของ ลูกสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียนด้วยกัน เช่น ลูกกุ้งขาว แวนนาไม และลูกปูม้าวัยอ่อนที่มีรายงานว่าอนุบาลด้วย อาร์ทีเมียแรกฟักที่ 5 ตัว/ลูกกุ้งหรือลูกปู 1 ตัว/วัน เท่านั้น (Limsuwan *et al.*, 2009; Oniam and Arkronrat, 2013) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลชัดเจนด้านปริมาณ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่เหมาะสมต่อการ อนุบาลลูกกุ้งมังกรเจ็ดสีระยะ primary phyllosoma และ phyllosoma ในช่วงระยะอื่น จนถึงระยะ puerulus เนื่องจากมีรายงานว่าจากระยะ phyllosoma เป็นระยะ puerulus ใช้เวลานานถึง 4–6 เดือน และยังไม่มีความ ชัดเจนด้านการพัฒนาระยะในแต่ละช่วงอายุของ phyllosoma ของกุ้งมังกรเจ็ดสี จึงยากต่อการศึกษา ความต้องการทางโภชนาการของลูกกุ้งในระยะเหล่านี้ ซึ่งกุ้งมังกรแต่ละชนิดจะมีจำนวนระยะของ phyllosoma ที่แตกต่างกัน โดยรายงานที่ผ่านมาพบว่ากุ้งมังกร *Jasus edwardsii*, *P. pencillatus*, *P. cygnus*, *P. longipes* และ *P. homarus* มีจำนวนระยะของ phyllosoma 7–13

ระยะก่อนจะเข้าสู่ระยะ puerulus และในแต่ละระยะของ phyllosoma ของกุ้งมังกรแต่ละชนิด ก็มีความต้องการกรดไขมันทั้งชนิดและปริมาณที่แตกต่างกันออกไปอีกด้วย (Nelson *et al.*, 2004; Ayra and Cruz, 2010; Francis *et al.*, 2014)

การเพาะพันธุ์กุ้งมังกรยังคงมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม โภชนาการ และองค์ความรู้ทางชีววิทยาที่ซับซ้อนของแต่ละสายพันธุ์มาเกี่ยวข้อง เหล่านี้เป็นเรื่องท้าทายที่ต้องเสริมสร้างองค์ความรู้ให้ครอบคลุม เนื่องจากกุ้งมังกรแต่ละสายพันธุ์มีความอ่อนไหวต่อปัจจัยแวดล้อมและระยะเวลาการพัฒนารวมของตัวอ่อนยาวนานแตกต่างกัน (Radhakrishnan *et al.*, 2019) อย่างไรก็ตาม ความก้าวหน้าขององค์ความรู้ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ และจากรายงานวิจัยที่ผ่านมา มีส่วนสำคัญในการช่วยพัฒนาวิธีการเพาะพันธุ์ และเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงกุ้งมังกรให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น แม้ว่าการละทิ้งไข่ในคริสต์เศรษณเป็นปัญหาที่ได้รับอิทธิพลจากหลากหลายปัจจัย (Kaewmak *et al.*, 2020) แต่สำหรับกุ้งมังกรนั้น Mori *et al.* (1998) รายงานว่า ระหว่างการเพาะฟักกุ้งมังกร *Nephrops norvegicus* มีการสูญเสียไข่ที่เกิดจากการเชื้อไข่ทิ้งสูงถึงร้อยละ 49.5–71.5 โดยมีสาเหตุมาจากการพัฒนาการของไข่ที่ไม่สมบูรณ์ Coleman *et al.* (2019) รายงานว่า การสูญเสียไข่ของกุ้งมังกร *Homarus americanus* ร้อยละ 44 ของไข่ทั้งหมดตั้งแต่ไข่เริ่มติดหน้าท้องจนถึงก่อนฟัก มีสาเหตุที่เป็นไปได้หลายประการ เช่น ความเครียดของแม่กุ้ง ไข่ที่ไม่ได้รับการผสม การติดเชื้อปรสิตในไข่ การติดเชื้อรา เป็นต้น ทั้งนี้ความไม่เหมาะสมของปัจจัยแวดล้อมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งเช่นกัน โดย Kittaka *et al.* (2005) รายงานว่า การเพาะฟักกุ้งมังกร *Jasus edwardsii* ภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการส่งผลเชิงลบต่อการพัฒนาการของไข่ และเกิดการเชื้อไข่ทิ้งของแม่กุ้งมังกรมากขึ้น นอกจากนี้ การศึกษาในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่า สัมพันธภาพของก้านไข่ที่ผิดปกติของแม่กุ้งมังกรมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการหลุดร่วงของไข่ ซึ่งบ่งชี้ว่าการเกาะไข่ที่ไม่เหมาะสมอาจทำ

ให้เกิดไข่เสียมากขึ้นและแม่กุ้งเชื้อไข่ทิ้งมากขึ้น (Prue, 2020) ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อภาระทิ้งไข่ของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีภายใต้การศึกษานี้ได้ทั้งนั้น แม้ว่าจะไม่ได้มีการศึกษาที่เฉพาะเจาะจงในเรื่องของอิทธิพลของคุณภาพน้ำต่อการเชื้อไข่ทิ้งของสัตว์น้ำกลุ่มคริสต์เศรษณมาก่อนก็ตาม ผลการศึกษาปัจจุบันนี้ ช่วยในการปรับปรุงแนวทางการเพาะพันธุ์กุ้งมังกรเจ็ดสีให้เหมาะสมขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อการสูญเสียไข่ที่ติดหน้าท้องของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีระหว่างการเพาะฟักเพิ่มเติม เช่น ระยะพัฒนาการของไข่ที่ติดหน้าท้อง สภาวะแสง และการจัดการอาหาร ประกอบกับการทำซ้ำการทดลองในสภาวะหรือระบบการเพาะฟักที่หลากหลาย เพื่อให้ได้ภาพรวมขององค์ความรู้ที่ชัดเจนและครอบคลุมมากขึ้น ประเด็นเหล่านี้เป็นข้อมูลที่มีคุณค่าสำหรับการพัฒนากระบวนการเพาะฟักแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและอัตราการเชื้อไข่ทิ้งของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี (*P. ornatus*) ในระบบโรงเพาะฟัก ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียส่งผลให้อัตราการเชื้อไข่ทิ้งเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่มีแอมโมเนียต่ำกว่า 0.4 มก./ลิตร ในขณะเดียวกัน การศึกษานี้ยังพบว่า ขนาดของแม่พันธุ์ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณไนโตรเจน และความเค็มต่าง ไม่มีผลหรือไม่มีแนวโน้มที่ส่งผลต่อการเชื้อไข่ทิ้งของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสี ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของการควบคุมปริมาณแอมโมเนียรวมในระบบการเพาะฟักให้อยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อเชื้อไข่ทิ้งของแม่กุ้งมังกรเจ็ดสีเพื่อให้ได้ผลผลิตของลูกพันธุ์ที่สูงขึ้น นอกจากนี้ ลูกกุ้งมังกรเจ็ดสีระยะ primary phyllosoma กินอาร์ทีเมียแรกฟักเฉลี่ยอยู่ที่ 9–10 ตัว/วัน และพบว่าช่วงเวลามีผลต่อการกินอาหารของลูกกุ้งมังกรเจ็ดสีระยะ phyllosoma

ที่กินอาหารในช่วงเวลา 12.00–18.00 น. มากกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ อีกทั้งแสงภายใต้ระบบโรงเพาะฟักไม่ใช่ว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิต หรือการอยู่รอดของลูกกุ้งมังกรเจ็ดสีในระยะนี้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาการเพาะและอนุบาลกุ้งมังกรเจ็ดสี (*Panulirus ornatus*) ระยะ phyllosoma รหัสโครงการวิจัย YF(KU)7.67 ที่ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.มก.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม หัวหน้าสถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยตรวจทานและปรับแก้ไขบทความให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation (APHA, AWWA and WEF). 2023. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 24th ed. Washington D.C.: APHA Press. 1516 p.

Arkronrat, W., R. Konsantad, C. Leearam, P. Deemark, C. Srisupawadee and V. Oniam. 2024. Impacts of stocking densities on bioeconomics and profitability of mud spiny lobster (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) cultivation in sea cages. **Agriculture and Natural Resources** 58(6): 1–10.

Ayra, L., and R. Cruz. 2010. Caribbean lobster reproduction: a review. **Revista de Investigaciones Marinas** 31(2): 115–123.

Azra, M.N. and M. Ikhwanuddin. 2016. A review of maturation diets for mud crab genus *Scylla* broodstock: present research, problems and future perspective. **Saudi Journal of Biological Sciences** 23: 257–267.

Boyd, C.E., L.R. D’Abramo, B.D. Glencross, D.C. Huyben, L.M. Juarez, G.S. Lockwood, A.A. McNevin, A.G.J. Tacon, F. Teletchea, J.R. Tomasso Jr, C.S. Tucker, and W.C. Valenti. 2020. Achieving sustainable aquaculture: historical and current perspectives and future needs and challenges. **Journal of the World Aquaculture Society** 51: 578–633.

Chamnina, T., P. Chuaduanguai and P. Prapruit. 2021. Challenge of spiny lobster (*Panulirus* spp.) culture and marketing mechanism of Koh Yao district, Phang Nga province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 50(1): 138–153. [in Thai]

Coleman, M.T., J.S. Porter and M.C. Michael. 2019. Investigating fecundity and egg loss using a non-invasive method during brooding in European lobster (*Homarus gammarus*). **Ices Journal of Marine Science** 76(6): 1871–1881.

- Francis, D.S., M.L. Salmon, M.J. Kenway and M.R. Hall. 2014. Palinurid lobster aquaculture: nutritional progress and considerations for successful larval rearing. **Reviews in Aquaculture** 6: 180–203.
- Hinkle, D.E., W. Wiersma and S.G. Jurs. 2003. **Applied Statistics for the Behavioral Sciences**. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin. 789 p.
- Johnston, C. and P. Jungalwalla. 2000. **Aquatic Animal Welfare Guidelines: Guidelines on Welfare of Fish and Crustaceans in Aquaculture and/or in Live Holding Systems for Human Consumption**. Canberra: National Aquaculture Council. 46 p.
- Kaewmak, P., V. Oniam, W. Arkronrat, C. Rangiaroen, P. Yingsanga and Y. Saeiam. 2020. Hatching management of berried female blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) with dark gray eggs to guidelines for fishery occupation. **King Mongkut's Agricultural Journal** 38(3): 392–399. [in Thai]
- Kittaka, J., K. Ono, J.D. Booth and W.R. Webber. 2005. Development of the red rock lobster, *Jasus edwardsii*, from egg to juvenile. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research** 39(2): 263–277.
- Limsuwan C., N. Chuchird, G. Kundee, C. Tipsemongkol, C. Akkarakahasin, P. Pongchor and M. Somboon. 2009. Effects of Light Intensity on Survival Rate and Growth of Rearing Pacific White Shrimp Post-larvae (*Litopenaeus vannamei*). pp. 149–153. **In Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Mori, M., F. Biagi and S. De Ranieri. 1998. Fecundity and egg loss during incubation in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in the North Tyrrhenian Sea. **Journal of Natural History** 32: 1641–1650.
- Nankervis, L. and C. Jones. 2022. Recent advances and future directions in practical diet formulation and adoption in tropical Palinurid lobster aquaculture. **Reviews in Aquaculture** 14(4): 1–13.
- Nelson, M.M., B.J. Crear, P.D. Nichols and D.A. Ritz. 2004. Growth and lipid composition of phyllosomata of the southern rock lobster, *Jasus edwardsii*, fed enriched *Artemia*. **Aquaculture Nutrition** 10(4): 236–246.
- Oniam, V., L. Chuchit and W. Arkronrat. 2012. Reproductive performance and larval quality of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) broodstock, fed with different feeds. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 34(4): 381–386.

- Oniam, V. and W. Arkronrat. 2013. Development of crab farming: the complete cycle of blue swimming crab culture program (CBSC Program) in Thailand. **Kasetsart University Fisheries Research Bulletin** 37(2): 31–43.
- Oniam, V., W. Arkronrat, A. Sookdara and P. Promraksa. 2021. Embryonic development, hatchability and survival of early larval stage of mud spiny lobster *Panulirus polyphagus* (Herbst, 1793) under hatchery conditions. **Journal of Fisheries and Environment** 45(3): 42–52.
- Petersen, E., E. Susanti, R. Oktaviani, C. Jones and A. Diedrich. 2020. Bio-economics of tropical spiny lobster farming in Indonesia. **Aquaculture and Fisheries Studies** 2(2): 1–10.
- Prue. T. 2020. Ovulation Attachment and Retention of Lobster Eggs. pp. 9–18. In Kuris, A. (ed.). **Crustacean Egg Production**. London: CRC Press.
- Quackenbush, L.S. 1994. Lobster reproduction: a review. **Crustaceana** 67(1): 82–94.
- Radhakrishnan, E.V., J.K. Kizhakudan and B.F. Phillips. 2019. Introduction to Lobsters: Biology, Fisheries and Aquaculture. pp. 1–33. In Radhakrishnan, E.V., B.F. Phillips and G. Achamveetil (eds.). **Lobsters: Biology, Fisheries and Aquaculture**. Heidelberg: Springer Nature.
- Sawaddee, N., C. Rangjaroen, Y. Saeiam, W. Prajongsak, A. Arkronrat and A. Sookdara. 2021. Guidelines to using chemical and drug for hatching efficiency enhancement of the mud spiny lobster (*Panulirus polyphagus* Herbst, 1793) under hatchery conditions. **Journal of Fisheries Technology Research** 15(2): 11–21. [in Thai]
- Srithong, C., R. Yoonpundh and C. Thaitungchin. 2016. Effect of Light Intensity and Photoperiod to Larvae Nursing of Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man). pp. 968–978. In **The 54th Kasetsart University Annual Conference**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Utama, M.I.C., A. Yustiati, Y. Andriani and R. Rostika. 2021. Lobster cultivation in Indonesia and Vietnam: a review. **Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research** 13(1): 12–20.

ผลของวิธีการการอบแห้งแบบลมร้อนต่อคุณภาพของน้ำพริกเห็ดกระด้าง
Effect of Hot-Air Drying Method on the Quality of Chili Paste
from Kradang Mushroom (*Lentinus polychrous* Lev.)

อริสรา โพธิ์สนาม จุฑามาศ กองผาพา และกุลวดี แก้วก่า*

Arissara Phosanam, Juthamas Kongphapa and Kunwadee Kaewka*

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร 47000

Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry
Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon, Thailand 47000

*Corresponding author: kunwadee.ka@ku.th

*ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7061-6682>

Received: April 04, 2025

Revised: October 24, 2025

Accepted: November 24, 2025

Abstract

This study aimed to investigate the effects of hot-air drying on the quality of dried Kradang mushroom chili paste by comparing four drying methods: drying at 65°C for 24 hours (T65), freezing at -18°C for 12 hours prior to drying at 65°C for 24 hours (FT65), drying at 85°C for 18 hours (T85), and freezing at -18°C for 12 hours prior to drying at 85°C for 18 hours (FT85). The chili paste recipe consisted of 52.56% boiled Kradang mushroom, 10.51% boiled tilapia meat, and other seasonings. The research findings indicated that the chili paste dried at 65°C had a lighter brown color and a more pleasant aroma compared to the chili paste dried at 85°C. All samples exhibited similar water rehydration properties ($p>0.05$). The chemical composition of the dried Kradang mushroom chili paste was as follows: 6.25±0.07% moisture, 22.50±0.23% protein, 1.66±0.11% fat, 5.07±0.19% fiber, 10.61±0.24% ash and 46.09±0.83% carbohydrates. Sensory evaluation revealed that the dried Kradang mushroom chili paste produced using the T65 method received the highest acceptance scores, which were not significantly different from those of the T85. However, the T85 resulted in higher antioxidant activity compared to the T65. Therefore, drying at 85°C without freezing is an appropriate method when considering physical characteristics, consumer acceptance, and nutritional value. This method can serve as a guideline for developing dried Kradang mushroom chili paste, enhancing its potential for development into processed food products for commercial purposes and generating income for local communities.

Keywords: Kradang mushroom, chilli paste, drying, antioxidant activity, nutritional composition

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งแบบลมร้อนต่อคุณภาพของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง โดยเปรียบเทียบ 4 วิธีการอบแห้ง ได้แก่ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 65°C นาน 24 ชั่วโมง (T65) การแช่แข็งที่ -18°C นาน 12 ชั่วโมงก่อนอบแห้งที่ 65°C นาน 24 ชั่วโมง (FT65) การอบแห้งที่ 85°C นาน 18 ชั่วโมง (T85) และการแช่แข็งที่ -18°C นาน 12 ชั่วโมงก่อนอบแห้งที่ 85°C นาน 18 ชั่วโมง (FT85) สูตรน้ำพริกประกอบด้วยเห็ดกระด้างต้มสุก 52.56% เนื้อปลานิลต้มสุก 10.51% และเครื่องปรุงอื่น ๆ ผลการวิจัยพบว่า น้ำพริกที่อบแห้งที่ 65°C มีสีน้ำตาลอ่อนกว่าและกลิ่นหอมกว่าน้ำพริกที่อบแห้งที่ 85°C ตัวอย่างทั้งหมดมีสมบัติการดูดน้ำกลับใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) องค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งมีความชื้น $6.25\pm 0.07\%$ โปรตีน $22.50\pm 0.23\%$ ไขมัน $1.66\pm 0.11\%$ เยื่อใย $5.07\pm 0.19\%$ เถ้า $10.61\pm 0.24\%$ และคาร์โบไฮเดรต $46.09\pm 0.83\%$ การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า น้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง T65 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด ซึ่งไม่แตกต่างกับ T85 อย่างไรก็ตาม T85 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า T65 ดังนั้นวิธีการอบแห้งที่ 85°C โดยไม่แช่แข็ง เป็นวิธีการที่เหมาะสมทั้งด้านกายภาพ การยอมรับของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง เป็นการเพิ่มศักยภาพการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปเพื่อการค้า และสร้างรายได้ให้กับชุมชน

คำสำคัญ: เห็ดกระด้าง น้ำพริก การทำแห้ง กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ องค์ประกอบทางโภชนาการ

บทนำ

น้ำพริกเป็นสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรมที่สะท้อนถึงวิถีชีวิตและภูมิปัญญาท้องถิ่นของคนไทย (Wongthai, 2017) ด้วยวัตถุดิบหลักอย่างเช่นพริก สมุนไพรและเครื่องเทศพื้นบ้านทำให้น้ำพริกมีรสชาติเข้มข้นและสามารถปรับสูตรตามทรัพยากรอาหารในแต่ละภูมิภาค เช่น น้ำพริกเผา น้ำพริกอ่อง น้ำพริกหนุ่ม และน้ำพริกเห็ด เป็นต้น โดยเฉพาะการนำเห็ดพื้นบ้านมาผสมผสานและยังช่วยยกระดับคุณค่าทางโภชนาการและสรรพคุณทางเภสัชได้อย่างหลากหลาย การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการผลิตทั้งในระดับอุตสาหกรรมและชุมชน โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิลดความชื้นจนถึงระดับปลอดภัยทางจุลินทรีย์ ชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรักษาวิตามินรวมถึงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพไว้ (Chu *et al.*, 2023) ซึ่งมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำและปรับใช้กับวัตถุดิบหลากหลาย เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ สมุนไพร และเห็ด กระบวนการนี้ช่วยยืดอายุ ลดน้ำหนักผลิตภัณฑ์ จึงลดต้นทุนโลจิสติกส์และขยายโอกาสทางการตลาด แต่หากให้ความร้อนต่อเนื่องอาจส่งผลต่อสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จึงต้องออกแบบพารามิเตอร์อุณหภูมิและเวลาให้เหมาะสมกับวัตถุดิบ (Therdthai and Krajangmathekul, 2011) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 และความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 ถือว่ามีความปลอดภัยและเสถียรทางจุลินทรีย์ งานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการอบแห้งด้วยลมร้อนในการแปรรูปเห็ด เช่น เห็ดแชมปิยอง เห็ดหอม และเห็ดฟาง เพื่อรักษาคุณภาพของสารสำคัญในระดับที่เหมาะสม รวมถึงการพัฒนา น้ำพริกที่ใช้เทคโนโลยีอบลมร้อนเพื่อคงสี กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ (Arya *et al.*, 2024;

Chairote and Intachum, 2016) ช่วยคงคุณภาพและเอกลักษณ์ไว้ Chairsisa and Chaeonchai (2019) ศึกษากระบวนการผลิตและการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำพริกปลาทออบแห้งสำเร็จรูป โดยใช้ความร้อนและเวลาอบแห้งที่ต่างกัน พบว่าสูตรที่อบปลาทอที่อุณหภูมิ 70°ซ นาน 5 ชั่วโมง ได้รับความชอบมากที่สุด และอัตราส่วนน้ำพริกต่อปลาทอที่เหมาะสม คือ 2:1 น้ำพริกที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน มีค่าทางโภชนาการที่ดี และ Uttarachon *et al.* (2012) ศึกษาการวิธีการอบแห้งเนื้อมะกอกป่า พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 50°ซ นาน 10 ชั่วโมง ซึ่งช่วยลดความชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วง 6-7 ชั่วโมงแรก ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว และการคืนตัวทำได้ดีที่สุดที่สุดเมื่อใช้น้ำร้อน 80°ซ โดยเฉพาะเนื้อมะกอกป่าแบบผงใช้เวลาคืนตัวเพียง 2 นาที

เห็นจัดอยู่ในอาณาจักรฟังไจที่สามารถบริโภคได้หลายชนิด อาทิ เห็ดนางฟ้า เห็ดถอบ เห็ดหูหนู เห็ดเหี่ยวไผ่ เห็ดนางรม เห็ดตับเต่า เห็ดขอนขาว และเห็ดกระด้าง เป็นต้น ซึ่งล้วนมีคุณค่าทางโภชนาการและสรรพคุณทางยา โดยทั่วไปเห็ดเป็นแหล่งโปรตีน ไฟเบอร์ วิตามินดี วิตามินบี และเซเลเนียม รวมถึงสารออกฤทธิ์ เช่น โพลีแซคคาไรด์ โพลีฟีนอลและเอร์โกสเตอรอล (Roncero-Ramos *et al.*, 2017) สำหรับเห็ดกระด้าง (*Lentinus polychrous* Lev.) หรือที่ชาวภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือเรียกว่า เห็ดบดหรือเห็ดกลม มีคุณค่าทางโภชนาการและมีสารกลุ่มฟีนอลิก เอร์โกสเตอรอล เบต้า-กลูแคน และโพลีแซคคาไรด์เปปไทด์ แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Jantra *et al.*, 2025) รวมถึงกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และยืนยันความปลอดภัยในสัตว์ทดลอง (Sripanidkulchai *et al.*, 2020) ทำให้เห็ดกระด้างเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงสำหรับอาหารฟังก์ชัน ถึงแม้จะมีงานวิจัยเรื่องการอบแห้งเห็ดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลายอย่าง แต่ยังไม่มียางานวิจัยที่กล่าวถึงการพัฒนาน้ำพริกเห็ดกระด้างและวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำพริก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน

ต่อคุณภาพของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งขึ้นรูปทั้งด้านประสาทสัมผัส องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพที่เก็บรักษาได้นานและเหมาะกับวิถีชีวิตของผู้บริโภคยุคใหม่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำพริกเห็ดกระด้าง

เตรียมส่วนผสม ได้แก่ เห็ดกระด้างต้ม 52.56% (ดอกอายุ 2-3 วัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหมวกเห็ดประมาณ 5-7 ซม.) เนื้อปลานิลต้ม 10.51% กระเทียม 13.14% หอมแดง 13.14% พริกจินดา 1.31% พริกหนุ่ม 3.94% ซีอิ๊วขาว 1.31% น้ำปลาร้า 3.94% และเกลือ 0.13% นำส่วนผสมทั้งหมด 760 กรัม มาปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสมอาหารไฟฟ้า (Haier Model HFP7722A-1 กำลังไฟ 800 วัตต์) ความแรงระดับ 2 เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้มาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (NKT10, กลัวยน้ำไทย เซลล์ แอนด์ เซอร์วิซ) โดยใช้วิธีการอบแห้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ นาน 24 ชั่วโมง (T65) วิธีที่ 2 การแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18°ซ นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ นาน 24 ชั่วโมง (FT65) วิธีที่ 3 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 85°ซ นาน 18 ชั่วโมง (T85) และวิธีที่ 4 การแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18°ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 85°ซ นาน 18 ชั่วโมง (FT85) สำหรับการแช่แข็งทำการแช่แข็งแบบช้า โดยแช่ตัวอย่างในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -18°ซ หลังจากนั้นทำให้เป็นผงโดยการใช้เครื่องปั่นผสมของแห้งไฟฟ้าและร่อนผ่านตะแกรง (ขนาด 60 Mesh) เพื่อให้ได้ผงที่มีความละเอียด จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ

การวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี กายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ

นำน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งมาตรวจสอบคุณภาพด้านเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน

คาร์โบไฮเดรต เถ้า และใยอาหาร (wet basis) ตามวิธีของ AOAC (2000) และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัด a_w (Aw SRRINT TH-500, Novasina, Switzerland) ทำการวัดที่อุณหภูมิ 25°C ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพวัดค่าสี โดยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น ColorFlex EZ (Virginia, USA) และรายงานค่าสีในระบบ CIE L*a*b* สำหรับการคำนวณคุณค่าทางโภชนาการ ใช้วิธีการคำนวณจากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง

การเตรียมสารสกัดน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง

ชั่งน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งอบแห้ง 2.5 กรัม ผสมกับสารละลายเอทานอล 60% (v/v) ปริมาตร 20 มล. (อัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย 1:8 w/v) จากนั้นปั่นผสมให้เข้ากันนาน 2 นาที นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 45°C นาน 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้ว กรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 ดัดแปลงวิธีการจาก Pollachat *et al.* (2015) นำสารละลายที่ได้ไปทดสอบสมบัติของสารสกัดตามขั้นตอนต่อไป

วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

นำสารสกัดจากน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง 25 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุสารละลาย 10% Folin-Ciocalteu reagent 125 ไมโครลิตร และเติมสารละลาย 7.5% Na_2CO_3 50 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลในหน่วย มิลลิกรัมกรดแกลลิกเทียบเท่าต่อกรัมตัวอย่าง (mg GAE/g sample) ดัดแปลงวิธีการจาก Pollachat *et al.* (2015)

การตรวจสอบคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ปีเปตสารสกัดจากน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง 50 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย 20 ไมโครโมลาร์ DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) ในเมทานอล 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ อุณหภูมิห้องในที่มืด 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer รายงานผลการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เทียบเท่ากับมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง (mg GAE/g sample) ดัดแปลงวิธีการจาก Pollachat *et al.* (2015)

การตรวจสอบคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ABTS

เตรียมสารละลาย 7 มิลลิโมลาร์ ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) ผสมกับ 2.5 มิลลิโมลาร์ $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ในอัตราส่วน 2:1 และพักในที่มืด 12 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายมาเจือจางและวัดค่าการดูดกลืนแสงให้ได้ที่ 0.700 ± 0.020 แล้วนำสารสกัดจากน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง 50 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลาย ABTS 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน พักสารละลายไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีในที่มืด วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer รายงานผลการต้านอนุมูลอิสระ ABTS เทียบเท่ากับมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง (mg GAE/g sample) ดัดแปลงวิธีการจาก Pollachat *et al.* (2015)

ศึกษาความสามารถในการดูดน้ำกลับของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง

โดยชั่งน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง 2 กรัม ใส่ในปีกเกอร์ แล้วเติมน้ำกลั่นอุณหภูมิห้อง (25°C) หรือน้ำอุ่น

อุณหภูมิ 50°ซ ปริมาตร 10 กรัม แช่ตัวอย่างเป็นเวลา 2, 4 และ 8 นาที หลังจากครบเวลา นำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 พักให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนักน้ำส่วนที่กรองได้ (ดัดแปลงจาก Uttarachon *et al.*, 2012) และคำนวณปริมาณน้ำที่น้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งสามารถดูดซับไว้ได้ โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับ (กรัม/กรัม ของตัวอย่าง)} \\ = \frac{\text{น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)} - \text{น้ำหนักน้ำกรองผ่านกระดาษกรอง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งคินรูป

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบทั่วไป ที่มีประสบการณ์ในการบริโภคน้ำพริกจำนวน 50 คน โดยให้ความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความเค็ม ความเผ็ด เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (9 คะแนน = ชอบมากที่สุด และ 1 คะแนน = ไม่ชอบมากที่สุด) ซึ่งใส่ตัวอย่างในถ้วยพลาสติกแบบมีฝาปิดและเสิร์ฟพร้อมแตงกวาสด โดยนำเสนอ 4 ตัวอย่างพร้อมกัน ปริมาณน้ำพริกต่อถ้วย 25 กรัม

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดสอบแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Complete Randomized Block Design: CRBD) สำหรับทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส และใช้แผนการทดสอบแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี กายภาพ ปริมาณฟีนอลิก และฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ โดยกำหนดให้วิธีการอบแห้ง 4 วิธี คือ T65, FT65, T85 และ FT85 เป็นปัจจัยเดียวของ

การทดลอง และทำการทดลอง 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS V.14

ผลการวิจัย

ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง

น้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งในกลุ่มตัวอย่าง T65, FT65, T85 และ FT85 มีความชื้น 1.5–1.8% และน้ำอิสระ 0.1–0.2% (Table 1) โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวอย่างที่แช่แข็ง (-18°ซ) กับไม่แช่แข็ง เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิเดียวกัน (65°ซ หรือ 85°ซ) อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างที่อบที่ 85°ซ มีค่าความชื้นและน้ำอิสระต่ำกว่า 65°ซ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าอุณหภูมิการอบแห้งมีผลต่อค่าดังกล่าวอย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลและการระเหยของน้ำ ส่งผลให้ค่าความชื้นสุดท้ายลดลง (Burandat and Senayai, 2016; Inta and Lertworasirikul, 2022) นอกจากนี้ อุณหภูมิสูงยังเพิ่มแรงดันไอและความต่างศักย์น้ำ ระหว่างภายในและภายนอกผลิตภัณฑ์ ทำให้การแพร่ของน้ำเกิดขึ้นเร็วขึ้น (Fellows, 2009) จึงสามารถลดเวลาอบและลดความชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อุณหภูมิสูงอาจทำให้ผิวผลิตภัณฑ์แข็งตัวเร็วส่งผลให้น้ำพริกเห็ดกระด้าง และคินรูปได้ไม่ดี ขณะที่การอบที่อุณหภูมิต่ำกว่าสามารถรักษาโครงสร้างเดิมได้ดีกว่า ทำให้มีสมบัติการดูดน้ำกลับและเนื้อสัมผัสดีกว่า (Aravindakshan *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2023)

Table 1 Moisture Content (MC) and water activity (a_w) of dried Kradang mushroom chili pastes

Method	Sample			
	T65	FT65	T85	FT85
MC (%)	1.68±0.58 ^a	1.73±0.44 ^a	1.52±0.70 ^b	1.54±0.69 ^b
a_w	0.18±0.01 ^a	0.18±0.01 ^a	0.16±0.02 ^b	0.16±0.04 ^b

Values expressed as the mean±standard deviation.

The superscript letters ^a and ^b in the rows indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level ($p \leq 0.05$).

ค่าสีของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง

จากการอบแห้งน้ำพริกเห็ดกระด้างพบว่า น้ำพริกจะมีสีในโทนเหลืองน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม มีลักษณะร่วนเป็นผงและแห้ง (Figure 1) โดยน้ำพริกที่อบที่อุณหภูมิ 85°ซ ทั้งสองสภาวะมีสีน้ำตาลเข้มกว่า น้ำพริกที่อบที่อุณหภูมิ 65°ซ เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าสีใน Table 2 พบว่าตัวอย่างที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 85°ซ มีค่าความสว่าง (L^*) น้อยกว่าและค่าความเป็นสีแดง (a^*) มากกว่าตัวอย่างที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ ทั้งแบบแช่แข็งและไม่แช่แข็ง ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งมีความร้อนเป็นปัจจัยที่เร่งปฏิกิริยา ส่งผลให้เกิดทั้งสีส้ม (น้ำตาลไหม้) กลิ่น รสชาติที่มีความแตกต่างออกไป การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าเป็นเวลานาน จะส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลมากขึ้น (Chu *et al.*, 2023) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลงและมีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น (Brütsch *et al.*, 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bi *et al.* (2022)

ที่อบแห้งของเกสรผึ้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่ามีค่าความสว่างลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่แช่แข็งและไม่แช่แข็งน้ำพริกก่อนการอบแห้ง พบว่าน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง T65 และ FT65 มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม น้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง FT85 มีค่าความสว่างต่ำกว่า T85 ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าน้ำพริกเห็ดกระด้างที่ผ่านการแช่แข็งก่อนการทำแห้งมีสีคล้ำขึ้นเมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิสูง ระหว่างการทำแห้งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดนอกจากความร้อน ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด ค่ากรด-ด่าง กรดอะมิโน และเวลาในการแปรรูป เป็นต้น ซึ่งการแช่แข็งส่งผลต่อโครงสร้างของวัตถุดิบทำให้องค์ประกอบของสารภายในเซลล์เกิดการแตกตัว เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน สารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น เมื่อให้ความร้อนจึงส่งผลต่อการเกิดเมลลาร์ดเพิ่มขึ้น (Babiker and Eltoun, 2014)

Table 2 Colour values of dried Kradang mushroom chili pastes

Colour value	Sample			
	T65	FT65	T85	FT85
Lightness (L^*)	48.29±0.18 ^a	48.60±0.20 ^a	42.66±0.13 ^b	39.55±0.23 ^c
Redness (a^*)	10.99±0.05 ^b	10.70±0.06 ^b	12.96±0.07 ^a	12.73±0.07 ^a
Yellowness (b^*)	26.83±0.19 ^a	27.00±0.17 ^a	26.63±0.20 ^a	24.68±0.11 ^b

Values expressed as the mean± standard deviation.

The superscript letters ^a, ^b and ^c in the rows indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level ($p \leq 0.05$).

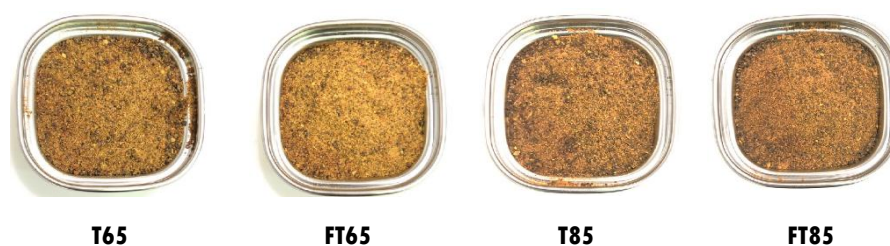


Figure 1 Dried Kradang mushroom chili pastes prepared by different drying methods

ค่าสีของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งคั้นรูป มีแนวโน้มที่เหมือนกับตัวอย่างน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 85°ซ มีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) น้อยกว่า และค่าความเป็นสีแดง (a*) มากกว่าตัวอย่างที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ ทั้งที่แช่แข็ง และไม่แช่แข็งก่อนกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิเดียวกัน มีแนวโน้มค่าสีที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) แสดงให้เห็นว่าน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง คั้นรูปที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 85°ซ มีสีคล้ำกว่าน้ำพริกเห็ดที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ (Figure 2) การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำพริกเห็ดกระด้างอาจเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยา

เมลลาร์ดเมื่อได้รับความร้อน เพราะในเห็ดกระด้าง นั้นมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก คือ น้ำตาล กลูโคสและน้ำตาลอื่น ๆ เช่น น้ำตาลแรมโนส อะราบิโนส และมอลโตส เป็นต้น (Sripanidkulchai *et al.*, 2020) จึงทำให้สีน้ำพริกเข้มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Sornsanit *et al.* (2022) ที่พบว่าสีของผลิตภัณฑ์แหมมเห็ดนางฟ้าเมื่อได้รับความร้อนจากการอบทำให้ค่า L* และ b* มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a* มีแนวโน้มสูงขึ้น และ Yooaet (2022) พบว่าเห็ดฟางอบแห้งมีค่า L* และ b* ลดลงเมื่ออุณหภูมิการอบเพิ่มขึ้นจาก 50 เป็น 60 และ 70°ซ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Colour values of rehydrated dried Kradang mushroom chili pastes

Colour value	Sample			
	T65	FT65	T85	FT85
Lightness (L*)	27.76±1.75 ^a	27.48±0.34 ^a	17.90±0.11 ^b	17.48±0.13 ^b
Redness (a*)	11.74±0.05 ^b	11.91±0.09 ^b	13.41±0.09 ^a	13.48±0.07 ^a
Yellowness (b*)	24.35±0.13 ^a	24.17±0.19 ^a	20.43±0.20 ^b	20.18±0.20 ^b

Values expressed as the mean±standard deviation.

The superscript letters a and b in the rows indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level (p≤0.05).

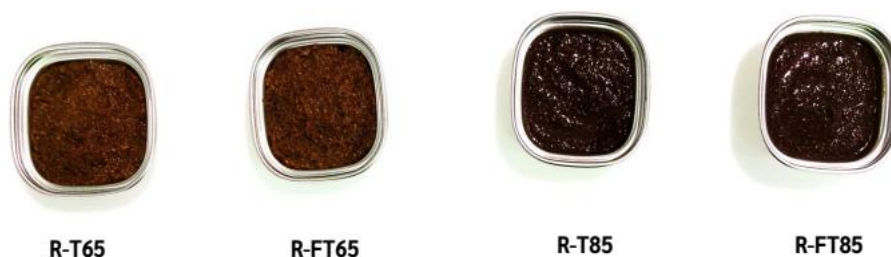


Figure 2 Rehydration of dried Kradang mushroom chili pastes prepared by different drying methods T65, FT65, T85, and FT85 mixed with hot water at a 1:2 w/w ratio

การดูดน้ำกลับของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง

การศึกษาความสามารถในการดูดน้ำกลับของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 50°C (Table 4) พบว่าทุกสูตร (T65, FT65, T85 และ FT85) มีแนวโน้มดูดน้ำกลับได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้น้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้น สูตรที่ผ่านการแช่แข็งที่ -18°C (FT65 และ FT85) มีค่าการดูดน้ำกลับสูงกว่าสูตรที่ไม่แช่แข็ง (T65 และ T85) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Uttarachon *et al.* (2012) ที่รายงานว่าคุณสมบัติของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งที่อุณหภูมิสูงช่วยเร่งการคืนรูปได้เร็วและสมบูรณ์ขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์กลับคืนลักษณะคล้ายของสดได้เร็ว โครงสร้างภายในของน้ำพริก

เห็ดกระด้างอบแห้งที่ได้จากแต่ละกระบวนการอบแห้ง มีผลโดยตรงต่อความสามารถในการดูดน้ำกลับ สูตรที่ผ่านการแช่แข็งก่อนอบแห้งมีแนวโน้มรักษาความพรุนได้ดีกว่า ส่งผลให้มีโพรงและช่องว่างเอื้อต่อการแทรกซึมน้ำมากขึ้น (Voda *et al.*, 2012; Aravindakshan *et al.*, 2021) ขณะที่สูตรที่ไม่แช่แข็งมีแนวโน้มหดหรือยุบตัว ลดพื้นที่ผิวและความพรุน ทำให้อัตราการดูดซึมน้ำต่ำกว่า (Krokida *et al.*, 1998) กลไกหลักที่ทำให้อุณหภูมิสูงส่งผลต่อการดูดซึมน้ำ คือ การเพิ่มอุณหภูมิทำให้พลังงานจลน์ของโมเลกุลน้ำสูงขึ้น ลดแรงตึงผิว และเพิ่มการแพร่ของน้ำเข้าสู่โครงสร้างพรุนของผลิตภัณฑ์ได้เร็วขึ้น (Maldonado *et al.*, 2010)

Table 4 Water rehydration of dried Kradang mushroom chili pastes at 25 and 50°C (g water/g sample)

Temperature-Time	Sample			
	T65	FT65	T85	FT85
25°C- 2 min ^{ns}	3.81±0.07 ^d	3.90±0.05 ^b	3.89±0.09 ^c	3.85±0.06 ^b
25°C- 4 min ^{ns}	3.92±0.11 ^{cd}	3.86±0.11 ^b	3.91±0.13 ^c	3.87±0.17 ^b
25°C- 8 min ^{ns}	3.94±0.04 ^{bcd}	3.87±0.11 ^b	3.96±0.10 ^{bc}	3.91±0.12 ^b
50°C-2 min ^{ns}	4.07±0.97 ^{abc}	4.11±0.09 ^{ab}	4.04±0.12 ^{ab}	4.10±0.06 ^{ab}
50°C-4 min ^{ns}	4.14±0.11 ^{ab}	4.17±0.10 ^a	4.19±0.07 ^{ab}	4.15±0.04 ^{ab}
50°C-8 min ^{ns}	4.24±0.05 ^a	4.29±0.07 ^a	4.25±0.03 ^a	4.29±0.05 ^a

Values expressed as the mean±standard deviation.

The superscript letters ^{ns} in the rows indicate a statistically not significant difference at the 95% confidence level ($p > 0.05$).

The superscript letters ^{a-d} in the columns indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level ($p \leq 0.05$).

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งคินรูป

ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังแสดงใน Table 5 พบว่า สูตร T65, FT65 และ T85 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม เนื้อสัมผัส ความเผ็ด ความเค็ม รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าความชอบอยู่ในช่วง 6.5–7.0 คะแนน ด้านกลิ่นของน้ำพริกทุกสูตรมีค่าคะแนน 6.26–6.76 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดย T85 ได้คะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือ T65 การอบแห้งที่ 85°C อาจลดปริมาณสารระเหยสำคัญ เช่น 1-octen-3-ol, benzaldehyde และ methional เนื่องจากความไวต่อความร้อนและการทำงานของ lipoxygenase กับ hydroperoxide lyase (Zawirska-Wojtasiak *et al.*, 2009)

ขณะที่การแช่แข็งก่อนอบ (FT 65 และ FT 85) จำกัดการเคลื่อนที่ของเอนไซม์และรักษาโครงสร้างจึงช่วยคงสารระเหยไว้ดีกว่า (Tsai *et al.*, 2019) ทำให้ได้กลิ่นเฉพาะของเห็ดกระด้างคงอยู่มากในสูตร FT 65 และ FT 85 ในด้านรสชาติ T65 ให้คะแนนด้านรสชาติสูงสุด (6.58) ขณะที่ FT85 ได้คะแนนต่ำสุด (4.74) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับกลไกระดับโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการสลายของสารรสอูมามิ ได้แก่ กรดกลูตามิก และ 5'-นิวคลีโอไทด์ ซึ่งมีความไวต่อความร้อนและอาจถูกกลทอนด้วยกระบวนการอบที่อุณหภูมิสูงร่วมกับการแช่แข็ง (Wang *et al.*, 2022) ด้านความเค็มพบว่า T65 และ FT65 ได้ค่าคะแนนสูงสุด (6.36 และ 6.24 ตามลำดับ) ส่วน FT85 ได้ค่าคะแนนต่ำสุด (5.26) โดยมีความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) การลดลงของการรับรู้ความเค็มอาจเนื่องจากการแช่แข็งที่ส่งผลต่อการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอของโซเดียมในเนื้อผง หรือปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเกลือกับองค์ประกอบอื่นระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง (Fellows, 2009) อาจทำให้ความชอบด้านรสเค็มใน FT85 น้อยที่สุด สำหรับด้านสี FT85 ได้ค่าคะแนนความชอบด้านสีสูงสุด 7.04 ($P\leq 0.05$) แม้ค่าความสว่าง L^* จากการวัดด้วยเครื่องมือจะลดลง ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีมากขึ้น ปรากฏการณ์นี้สะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ทางสายตาและความรู้สึกต่อกลิ่นและรสชาติ โดยผู้บริโภคอาจตีความสีเข้มว่าเป็นสัญญาณของความเผ็ด ความจัดจ้าน หรือความเข้มข้น (Zellner and Durlach, 2003) แนวคิดนี้ อธิบายผ่านทฤษฎีสอดประสานการรับรู้ (cross-modal correspondences) ในการจับคู่ระหว่างสีและรสในจิตใจผู้บริโภค (Spence, 2015)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งคินรูป พบว่าแนวโน้มความชอบโดยรวมสูงสุดคือตัวอย่าง T65, FT65 และ T85 โดยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาในเชิงอุตสาหกรรมในรูปแบบผลิตภัณฑ์เพื่อกลุ่มตลาดที่เน้นสุขภาพและความสะดวก เช่นรูปแบบผลิตภัณฑ์พร้อมซง (ready to mix) หรือพร้อมบริโภค (ready to eat) โดยอาจทำการควบคุมขนาดผงเพื่อให้คินรูปได้รวดเร็วตลอดจนการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ ป้องกันความชื้นและออกซิเจน เช่น ถุงอะลูมิเนียมฟลอยด์ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน จะช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์และคงคุณภาพไว้ในระยะยาว

Table 5 Sensory evaluation of rehydrated dried Kradang mushroom chili pastes

Attribute	Sample			
	T65	FT65	T85	FT85
Appearance	6.00±1.46 ^b	6.32±1.45 ^b	6.84±1.40 ^a	6.22±1.63 ^b
Colour	6.14±1.44 ^b	6.18±1.53 ^b	6.30±1.19 ^b	7.04±1.70 ^a
Odour	6.66±1.74 ^{ns}	6.26±1.78 ^{ns}	6.76±1.19 ^{ns}	6.42±1.60 ^{ns}
Taste	6.58±1.54 ^a	6.32±1.56 ^a	6.00±1.65 ^a	4.74±1.99 ^b
Salty	6.36±1.30 ^a	6.24±1.46 ^a	5.98±1.30 ^a	5.26±1.87 ^b
Spicy	6.34±1.48 ^a	6.18±1.42 ^a	5.84±1.37 ^{ab}	5.50±1.71 ^b
Texture	6.22±1.80 ^a	6.14±1.60 ^a	6.26±1.48 ^a	5.62±1.61 ^b
Overall	6.94±1.45 ^a	6.60±1.50 ^a	6.58±1.56 ^a	5.72±1.71 ^b

Values expressed as the mean±standard deviation.

The superscript letters ^{ns} in the rows indicate a statistically not significant difference at the 95% confidence level ($p>0.05$).

The superscript letters ^a and ^b in the rows indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level ($p\leq 0.05$).

องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis) ของน้ำพริกจากเห็ดกระด้างอบแห้งสูตร T65 พบว่าในน้ำหนักแห้ง 100 กรัม มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต อยู่ที่ 6.25±0.07, 22.50±0.23, 1.66 ±0.11, 5.07±0.19, 10.61±0.24 และ 58.98±0.35 ตามลำดับ จากองค์ประกอบทางเคมีของสารอาหารที่ให้พลังงานโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง ได้ 24.00, 1.77 และ 62.91 ตามลำดับ และนำไปคิดพลังงานของน้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้งโดยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี และไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี ดังนั้น น้ำพริกเห็ดกระด้างอบแห้ง 100 กรัม มีพลังงาน 363.57 กิโลแคลอรี โดยเป็นพลังงานที่มาจากโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต 96.00, 15.93 และ 251.64 กิโลแคลอรี ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวมีความสอดคล้องในภาพรวมกับวัตถุดิบหลัก คือ เห็ดกระด้าง ซึ่งเป็นแหล่ง

ของโปรตีนและเยื่อใยธรรมชาติ เช่น ไคตินและเบต้า-กลูแคน รวมถึงกรดอะมิโนจำเป็นบางชนิด เช่น ไลซีน และลิวซีน แม้ว่ากรดอะมิโนจำเป็นของเห็ดจะมีอยู่น้อยกว่าเนื้อสัตว์ ในผลิตภัณฑ์นี้ได้มีการผสมเนื้อปลาฉี่ลงช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ของโปรตีน และยังมีเครื่องเทศสมุนไพรที่เป็นคาร์โบไฮเดรตในรูปแบบน้ำตาลธรรมชาติร่วมกับสารพฤกษเคมี อาทิ อัลลิซิน และฟลาโวนอยด์ ที่แม้ไม่ให้พลังงานแต่มีบทบาทในการส่งเสริมฤทธิ์ทางสุขภาพ เช่น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น และประโยชน์ที่ได้จากเห็ดกระด้างยังมีในรูปแบบของความสามารถในการดูดซึมของสารอาหารบางชนิดของเส้นใยในเห็ดที่ทนต่อเอนไซม์ย่อยอาหารในระบบทางเดินอาหารแต่สามารถส่งผลกระทบต่อความอึดและสุขภาพของระบบลำไส้ และลดการดูดซึมของไขมันบางประเภทในระยะยาว (Zhao *et al.*, 2014) จากข้างต้นจะสะท้อนถึงการผสมผสานวัตถุดิบที่ให้คุณค่าอย่างสมดุลผ่านกระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม โดยสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพที่เสริมด้วยคุณค่าของเห็ดพื้นบ้านในอาหารแปรรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การทดสอบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและการต้านอนุมูลอิสระของน้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้ง

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้งแสดงดัง Table 6 น้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้ง FT85 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด ($p < 0.05$) รองลงมาคือ T85 ส่วน T65 และ FT65 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดใกล้เคียงกันและต่ำกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าน้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้งที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 85°C มีปริมาณฟีนอลิกสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65°C เนื่องจากอุณหภูมิสูงเป็นตัวเร่งให้สารประกอบฟีนอลหลุดออกมาจากโครงสร้างหรือพันธะภายในเซลล์พืช (Kim *et al.*, 2013) และสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากให้ความร้อน เนื่องจากความร้อนไป

ทำลายผนังเซลล์ของพืช (Lou *et al.*, 2014) เมื่อพิจารณาปริมาณฟีนอลิกของน้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้งและไม่แช่แข็งก่อนการอบแห้งที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่าน้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้งที่แช่แข็งก่อนการอบแห้งมีปริมาณฟีนอลิกสูงกว่าน้ำพริกที่ไม่แช่แข็งก่อนการอบแห้ง ซึ่งการแช่แข็งอาจมีผลต่อการคงอยู่ของสารฟีนอลิก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vashisth *et al.* (2011) พบว่าการทำแห้งกัมมัสคาเดนด้วยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง จะมีความคงอยู่ของฟีนอลิกมากกว่าการอบแห้งแบบสุญญากาศและการอบแห้งแบบลมร้อน และการแช่เยือกแข็งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเนื้อเยื่อของพืช ทำให้เอื้อต่อการสกัดสารฟีนอลิกออกมาได้ดี น้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้งที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธี FT85 จึงมีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุด

Table 6 Total phenolic content and antioxidant activity of dried Kradang mushroom chili pastes

Method	Sample			
	T65	FT65	T85	FT85
Total phenolic content (mg GAE/g sample)	3.35±0.07 ^c	3.42±0.08 ^c	4.50±0.05 ^b	5.16±0.07 ^a
DPPH scavenging (mg GAE/g sample)	0.27±0.01 ^c	0.29±0.00 ^c	0.83±0.01 ^b	0.87±0.02 ^a
ABTS scavenging (mg GAE/g sample)	0.85±0.01 ^c	0.89±0.01 ^c	1.70±0.01 ^b	1.75±0.04 ^a

Values expressed as the mean±standard deviation.

The superscript letters ^{a, b} and ^c in the rows indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level ($p < 0.05$).

น้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้งมีแนวโน้มในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] และ ABTS^{•+} ไปในแนวทางเดียวกัน โดย FT85 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งสองสูงที่สุด ($p < 0.05$) รองลงมาคือ T85 ส่วน T65 และ FT65 สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงกัน ($p > 0.05$) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าสารประกอบฟีนอลิกในน้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้งอาจเป็นสารสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ Silva *et al.* (2024) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากเห็ดแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์

อย่างสูงกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วัดด้วยวิธี DPPH ซึ่งเป็นการยืนยันบทบาทสำคัญของสารประกอบฟีนอลิกในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH[•] ในตัวอย่างเห็ด ส่วนการทดสอบด้วยวิธี ABTS ให้ผลลัพธ์ความสัมพันธ์ที่สูงในเห็ดบางชนิด เป็นไปได้ว่าอาจมีสารประกอบอื่นที่ไม่ใช่กลุ่มฟีนอลิกที่มีส่วนสำคัญในการช่วยเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} การที่น้ำพริกแห้งที่ดองอบแห้งที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงนั้นอาจเนื่องจากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น อุณหภูมิจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเมลลาร์ดโดยทำให้โปรตีนแตกตัวเป็น

กรดอะมิโน และภายใต้สภาวะกรดร่วมกับความร้อนสูง เป็นสภาวะการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ซึ่งช่วยให้ สารประกอบฟีนอลยึดเหนี่ยวสลายตัวออกมาจากโมเลกุล ของสารอื่นที่ยึดเกาะอยู่ และความร้อนในขั้นตอนนี้ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งจะมีสารมัธยันตร์ (intermediate) ที่เป็นกลุ่มฟีนอลิกหลายชนิดเกิดขึ้น อย่างรวดเร็ว (Hofmann *et al.*, 1999)

นอกจากนี้ระหว่างการอบแห้งด้วยความร้อน ส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์สารสีน้ำตาล คือ สารเมลานอยดิน ที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Vashisth *et al.* 2011) มีรายงานว่าสารเมลานอยดินมีฤทธิ์ต้านอนุมูล ออิสระได้แตกต่างกัน โดยที่อุณหภูมิสูงจะส่งเสริมสมบัติ การต้านอนุมูลอิสระได้ดีขึ้น (Vega-Gálvez *et al.*, 2009) สอดคล้องกับรายงานของ Madrau *et al.* (2009) ที่ใช้ อุณหภูมิสูงในการทำแห้งแอฟริคอตด้วยลมร้อนจะเพิ่ม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของแอฟริคอต อบแห้ง อย่างไรก็ตาม ควรทำการศึกษาคงตัวของ สารต้านอนุมูลอิสระระหว่างการเก็บรักษา เพื่อเป็นข้อมูล ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกแห้งที่แตกต่างอบแห้ง ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิธีการอบแห้งต่อคุณลักษณะของ น้ำพริกแห้งที่อบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน 65°C ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลน้อยกว่าการอบที่ 85°C ขณะที่ ความสามารถในการดูดน้ำกลับ (water rehydration) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้น้ำที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำอุ่นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50°C ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดน้ำ กลับได้ดีกว่าน้ำที่ 25°C ผลิตภัณฑ์น้ำพริกแห้งที่อบแห้งที่ 65°C มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น 6.25% โปรตีน 22.50% ไขมัน 1.66% เยื่อใย 5.07% เถ้า 10.61% และคาร์โบไฮเดรต 46.09% ให้พลังงานรวม

308.58 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม โดยพลังงานมาจาก โปรตีน 96.00 กิโลแคลอรี ไขมัน 15.93 กิโลแคลอรี และ คาร์โบไฮเดรต 196.65 กิโลแคลอรี ในด้านการยอมรับ ของผู้บริโภค น้ำพริกแห้งที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 85°C โดยไม่ผ่านการแช่แข็งก่อนการอบ (T85) ได้รับความยอมรับโดยรวมใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่อบที่ 65°C และมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการอบด้วยวิธี T65 สภาวะการอบแห้งที่ 85°C โดยไม่แช่แข็งจึงถือเป็นสภาวะ ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำพริกแห้งที่แตกต่างแบบแห้ง ทั้งในด้านคุณภาพทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งสามารถใช้เป็น แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรจากแห้ง ที่แตกต่างต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก กองบริหารการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. Virginia Arlington: The Association of Official Analytical Chemists, Inc. 771 p.
- Aravindakshan, S., T.H.A. Nguyen, C. Kyomugasho, C. Buvé, K. Dewettinck, A. Van Loey and M.E. Hendrickx. 2021. The impact of drying and rehydration on the structural properties and quality attributes of pre-cooked dried beans. **Foods** 10(7): 1665.

- Arya, M., P. Kumari, G. Kumar, A.S. Chauhan and P. Giridhar. 2024. Insights into the chili phytochemicals, bioactive components, and antioxidant activity of instant premixes (green and red chilies) and their reconstitution products. **Food Production, Processing and Nutrition** 6: 672.
- Babiker, E.E. and Y.A.I. Eltoum. 2014. Effect of edible surface coatings followed by dehydration on some quality attributes and antioxidants content of raw and blanched tomato slices. **Food Science and Biotechnology** 23(1): 231–238.
- Bi, Y.X., S. Zielinska, J.B. Ni, X.X. Li, X.F. Xue, W.L. Tian, W.J. Peng and X.M. Fang. 2022. Effects of hot-air drying temperature on drying characteristics and color deterioration of rape bee pollen. **Food Chemistry:X** 16: 100464.
- Brütsch, L., S. Rugiero, S.S. Serrano, C. Stadel, E.J. Windhab and P. Fischer. 2018. Targeted inhibition of enzymatic browning in wheat pastry dough. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 66(46): 12353–12360.
- Burandat, P. and Y. Senayai. 2016. **Drying of Thai Noodles Sauce**. 32 p. In Research Report. Mahasarakham: Rajabhat Mahasarakham University. [in Thai]
- Chairote, E.O.N. and S. Intachum. 2016. Volatile aroma compounds of green chili pepper treated with different heat-drying processes. **International Journal of Applied Chemistry** 12(2): 129–138.
- Chaisrisa, J. and A. Charoenchaichai. 2019. Development and consumer acceptance of ready-to-eat dried mackerel chili paste: optimization of drying temperature and time. **Journal of Technical Education Development** 30(107): 124. [in Thai]
- Chu, Q., L. Li, X. Duan, M. Zhao, Z. Wang, Z. Wang and G. Ren. 2023. Effect mechanism of different drying methods on the quality and browning for daylily. **LWT**. 182: 114862.
- Fellows, P. 2009. **Food Processing Technology: Principles and Practice**. 3rd ed. Oxford: Woodhead Publishing. 608 p.
- Hofmann, T., W. Bors and K. Stettmaier. 1999. Studies on radical intermediates in the early stage of the nonenzymatic browning reaction of carbohydrates and amino acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 47(2): 379–390.
- Inta, P. and S. Lertworasirikul. 2022. Effect of Drying Temperature on Physical and Chemical Properties of Duckweed (*Wolffia globosa*). pp. 499–505. **In Proceedings of 60th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Jantra, S., T. Fangkrathok and B. Sripanidkulchai. 2025. *Lentinus polychrous* polysaccharide induces apoptosis in human breast cancer cell lines. **Journal of Applied Pharmaceutical Science** 15(1): 57–65.

- Kim, J.S., O.J. Kang and O.C. Gwean. 2013. Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps. **Journal of Functional Foods** 5: 80–86.
- Krokida, M.K., V.T. Karathanos and Z.B. Maroulis. 1998. Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. **Journal of Food Engineering** 35(4): 369–380.
- Lou, S.N., Y.S. Lin, Y.S. Hsu, E.M. Chiu and C.T. Ho. 2014. Soluble and insoluble phenolic compounds and antioxidant activity of immature calamondin affected by solvents and heat treatment. **Food Chemistry** 161: 246–253.
- Maldonado, S., E. Arnau and M.A. Bertuzzi. 2010. Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes. **Journal of Food Engineering** 96(3): 333–341.
- Madrau, M.A., A. Piscopo, A.M. Sanguinetti, A. Del Caro, M. Poiana, F.V. Romeo and A. Piga. 2009. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. **European Food Research and Technology** 228(3): 441–448.
- Pollachat, A., N. Wongsinchuan and S. Suanphairoch. 2015. Total Phenolic Contents and Antioxidant Activity in Palmyra Palm (*Borassus flabellifer* L.) Haustorium at the Different Incubation Period. pp. 622–628. *In Proceedings of 53rd Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Roncero-Ramos, I., M. Mendiola-Lanao, M. Pérez-Clavijo and C. Delgado-Andrade. 2017. Effect of different cooking methods on nutritional value and antioxidant activity of cultivated mushrooms. **International Journal of Food Sciences and Nutrition** 68(3): 287–297.
- Silva, M., M. Lageiro, A.C. Ramos, F.H. Reboredo and E.M. Gonçalves. 2024. Cultivated mushrooms: a comparative study of antioxidant activity and phenolic content. **Biology and Life Sciences Forum** 40: 13.
- Sornsanit, K., A. Arlai and A. Riangmoo. 2022. Development of Crispy Fermented Oyster-Mushroom. pp. 195–202. *In Proceeding of the 14th NPRU National Academic Conference*. Nakhon Pathom: Nakhon Pathom Rahabhat University. [in Thai]
- Spence, C. 2015. Crossmodal correspondences: a tutorial review. **Attention, Perception, & Psychophysics** 77(6): 1461–1487.

- Sripanidkulchai, B., N. Fangkrathok and J. Junlatat. 2020. Fruiting bodies and mycelia values of Hed Kradang (*Lentinus polychrous* Lev.). **Center for Continuing Pharmacy Education Pharmacy Council**. Retrieved from https://www.ccpe.pharmacycouncil.org/index.php?option=article_detail&subpage=article_detail&id=808 [in Thai]
- Therdthai, N. and S. Krajangmathekul. 2011. Effect of Microwave Assisted Hot Air Drying on Quality of Dried Pumpkin. pp. 133–140. *In Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Tsai, S.Y., T.C. Wu and S.J. Huang. 2019. Effects of different drying methods on the flavor profile of *Ganoderma lucidum*. **Journal of Food Processing and Preservation** 43(11): e14215.
- Uttarachon, K., K. Suemu, B. Manosan, S. Sriyam and J. Kantakhoo. 2012. Study of dried Ma-kok (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz.) chili paste production. **KMUTT Research and Development Journal** 35(1): 65–73. [in Thai]
- Vashisth, T., R.K. Singh and R.B. Pegg. 2011. Effects of drying on the phenolic content and antioxidant activity of muscadine pomace. **LWT- Food Science Technology** 44(7): 1649–1657.
- Vega-Gálvez, A., K. Di Scala, K. Rodríguez, R. Lemus-Mondaca, M. Miranda, J. López and M. Perez-Won. 2009. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). **Food Chemistry** 117(4): 647–653.
- Voda, A., N. Homan, M. Witek, A. Duijster, G. van Dalen, R. Van der Sman, J. Nijse, L. van Vliet, H. Van As and J. van Duynhoven. 2012. The impact of freeze-drying on microstructure and rehydration properties of carrot. **Food Research International** 49(2): 687–693.
- Wang, B., Y. Jia., Y. Li, Z. Wang, L. Wen, Y. He and X. Xu. 2023. Dehydration-rehydration vegetables: evaluation and future challenges. **Food Chemistry** 20: 100935.
- Wang, J., L. Zhang and S. Zhao. 2022. Effects of drying methods on umami substances in *Lentinus edodes*. **Journal of Food Measurement and Characterization** 16(2): 845–852.
- Wongthai, S. 2017. Study of chilli paste names in four regions: a reflection of Thai lifestyles and culture. **Srinakharinwirot Research and Development Journal of Humanities and Social Sciences** 8(16): 88–100.

Yoopat, P. 2022. **Product Development of Straw Mushrooms as Commercial.**

75 p. *In* Research Report. Bangkok: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]

Zawirska-Wojtasiak, R., M. Wiewióra and S. Mildner-Szkudlarz. 2009. Volatile compounds in edible mushrooms from Poland. **Food Chemistry** 113(1): 186–193.

Zellner, D.A. and P. Durlach. 2003. What is refreshing? behavioral and sensory correlates of perceived refreshment. **Appetite** 41(1): 1–6.

Zhao, H., Q. Sun and M. Zhao. 2014. Chitin and chitosan from mushroom: isolation, structure, and bioactivities. **Food Hydrocolloids** 38: 248–252.

การเพิ่มศักยภาพของโปรตีนจิ้งหรีดด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
และการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนและโรคเบาหวานชนิดที่ 2

Hydrolysis-Enhanced Cricket (*Acheta domesticus*) Proteins with Improved
Antioxidant Capacity and Inhibitory Effects on Enzymes Related to Obesity
and Type 2 Diabetes

จันทร์จิรา วันชนะ¹ สุมิตร เชื้อมชัยตระกูล¹ กาญจนา นาคประสม² ปังกร ส่างสวัสดิ์³
และศรัญญา สุวรรณอังกู^{1,*}

Janjira Wanchana¹, Sumit Chueamchaitrakun¹, Kanjana Narkprasom²
Papungkorn Sangsawad³ and Saranya Suwanangul^{1,*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

¹Program of Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290

²Program in Food Engineering, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³School of Animal Technology and Innovation, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

*Corresponding author: saranya_sw@mju.ac.th

*ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4096-3285>.

Abstract

Received: November 03, 2025

Revised: January 20, 2026

Accepted: January 27, 2026

This study aimed to enhance the functional and bioactive properties of house-cricket (*Acheta domesticus*) proteins via enzymatic hydrolysis. Three enzymes, Alcalase, Flavourzyme, and Neutrase, were evaluated and compared based on their antioxidant activity and their ability to inhibit carbohydrate-metabolizing enzymes (DPP-IV, alpha-amylase, alpha-glucosidase). Hydrolysates produced with Alcalase exhibited the highest degree of hydrolysis (DH=22.36%) and the greatest proportion of low-molecular-weight peptides (<3 kDa), resulting in superior activities, i.e., lower EC₅₀ values in antioxidant assays and lower IC₅₀ values against the target enzymes, relative to Flavourzyme- and Neutrase-derived hydrolysates. These findings indicate a positive association between DH/low-MW peptide proportion and the bioactivity of cricket protein hydrolysates under the present conditions. Collectively, the results identified Alcalase as the most promising protease for upgrading the nutritional value and enhancing

the biofunctional efficacy of cricket proteins, supporting their application as ingredients in functional foods or nutraceutical formulations.

Keywords: hydrolysis, cricket protein, obesity, type 2 diabetes, antioxidant activity

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มศักยภาพของโปรตีนจากจิ้งหรีดบ้าน (*Acheta domesticus*) ด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิส โดยเปรียบเทียบกับเอนไซม์อัลคาเลส ฟลาโวไซม์ และนิวเทรส ต่อสมบัติเชิงฟังก์ชันและฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ การต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งเอนไซม์เมแทบอลิซึมคาร์โบไฮเดรต (DPP-IV, alpha-amylase, alpha-glucosidase) ผลการทดลองพบว่าไฮโดรไลเสตจากอัลคาเลสมีระดับการย่อยสลายสูงที่สุด (DH=22.36%) และมีสัดส่วนเปปไทด์น้ำหนักโมเลกุลต่ำ (<3 kDa) มากที่สุด ส่งผลให้มีประสิทธิภาพเด่นในการต้านอนุมูลอิสระ (ค่า EC₅₀ ต่ำ) และการยับยั้งเอนไซม์เมแทบอลิซึม (ค่า IC₅₀ ต่ำ) เมื่อเทียบกับไฮโดรไลเสตจากฟลาโวไซม์และนิวเทรส ผลลัพธ์สะท้อนความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างค่า DH และสัดส่วนเปปไทด์ขนาดเล็กกับศักยภาพทางชีวภาพของโปรตีนจิ้งหรีด ดังนั้น เอนไซม์อัลคาเลสเป็นเอนไซม์ที่มีศักยภาพสูงที่สุดในการเพิ่มคุณค่าเชิงโภชนาการ และเสริมฤทธิ์ทางชีวภาพของโปรตีนจิ้งหรีด เพื่อการประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันหรือโภชนเภสัช

คำสำคัญ: การไฮโดรไลซิส โปรตีนจิ้งหรีด โรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคอ้วน สารต้านอนุมูลอิสระ

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกที่คาดว่าจะสูงถึงประมาณ 10,000 ล้านคน ภายในปี ค.ศ. 2050 ส่งผลให้

ความต้องการโปรตีนเพื่อการบริโภคเพิ่มขึ้นกว่า 70% เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจุบัน (Hamad and Tayel, 2025) ขณะที่แหล่งโปรตีนจากสัตว์ไม่สามารถรองรับความต้องการดังกล่าวได้อย่างยั่งยืน เนื่องจากการผลิตเนื้อสัตว์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง ทั้งการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้น้ำ และพื้นที่เลี้ยงสัตว์ การแสวงหาแหล่งโปรตีนทางเลือกจึงเป็นประเด็นเร่งด่วนในระดับโลก หนึ่งในแนวทางที่ได้รับความนิยมอย่างมาก คือ การใช้แมลงกินได้ (edible insects) ซึ่งมีศักยภาพสูงในฐานะแหล่งโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Anyasi *et al.*, 2025)

ในบรรดาแมลงกินได้ จิ้งหรีดบ้าน (*Acheta domesticus*) ถือเป็นหนึ่งในชนิดที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากมีโปรตีนสูงถึง 60–70% ของน้ำหนักแห้ง พร้อมทั้งมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน รวมทั้งไขมันเชิงไม่อิ่มตัว วิตามิน และแร่ธาตุสำคัญ (Chanadang *et al.*, 2024) ประเทศไทยมีศักยภาพโดดเด่นในด้านการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดเชิงพาณิชย์จากความเหมาะสมของภูมิอากาศและวัฒนธรรมการบริโภคเดิม ส่งผลให้ประเทศไทยกลายเป็นหนึ่งในผู้ผลิตโปรตีนจากแมลงรายสำคัญในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การนำจิ้งหรีดมาแปรรูปเป็นผงโปรตีนได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เพื่อให้เหมาะกับผู้บริโภคที่ไม่นิยมบริโภคแมลงในรูปตัว โดยผงโปรตีนจิ้งหรีดได้รับการยกย่องว่าเป็นแหล่ง “clean protein” ที่มีศักยภาพในการใช้เป็นส่วนผสมอาหารฟังก์ชัน

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ (enzymatic hydrolysis) ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มคุณสมบัติ ทั้งทางกายภาพและทางชีวภาพของโปรตีนจากแหล่งต่าง ๆ (Suwanangul *et al.*, 2021) กระบวนการดังกล่าวสามารถ

สร้างเปปไทด์สายสั้นที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตได้อย่างมีนัยสำคัญ กลไกของการเพิ่มฤทธิ์เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยกรดอะมิโนที่มีหมู่ฟังก์ชัน เช่น Tyr, Trp, Cys และ His ซึ่งสามารถบริจาคอิเล็กตรอนให้อนุมูลอิสระ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีน ที่เอื้อต่อการจับกับตำแหน่งออกฤทธิ์ของเอนไซม์ได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับโปรตีนจากจิ้งหรีด (*Acheta domesticus*) ภายหลังจากไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ต่อศึกษาทางชีวภาพยังมีจำกัด โดยเฉพาะต่อกลไกการยับยั้งเอนไซม์เมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนและเบาหวานชนิดที่ 2 ได้แก่ alpha-amylase, alpha-glucosidase และ dipeptidyl peptidase-IV (DPP-4) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยและดูดซึมน้ำตาลในระบบทางเดินอาหาร การยับยั้งเอนไซม์เหล่านี้จึงเป็นกลไกสำคัญในการควบคุมระดับกลูโคสและลดความเสี่ยงต่อภาวะดื้ออินซูลิน (Suwanangul *et al.*, 2021)

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังขาดรายงานเชิงเปรียบเทียบที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยโปรตีนจิ้งหรีดบ้าน กับศักยภาพการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งในด้านการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเอนไซม์เมตาบอลิซึมภายใต้ระบบการศึกษาเดียวกัน การทำความเข้าใจความเชื่อมโยงดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการกำหนดเงื่อนไขการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดต่อกลไกทางสรีรวิทยา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของกระบวนการไฮโดรไลซิสต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของโปรตีนจากจิ้งหรีดบ้าน โดยเฉพาะการเสริมฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเอนไซม์เมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนและโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ผลการศึกษานี้สามารถช่วยอธิบายกลไกของการเพิ่มศักยภาพทางชีวภาพของโปรตีนจิ้งหรีดภายหลังจากย่อยด้วยเอนไซม์ และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาโปรตีนไฮโดรไลเสตจากแมลง

ให้เป็นวัตถุดิบต้นแบบสำหรับอาหารฟังก์ชัน และผลิตภัณฑ์สุขภาพเชิงโภชนเภสัชในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเสตจากจิ้งหรีดบ้าน

การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเสตจากจิ้งหรีดบ้าน (Cricket Protein Hydrolysate; CPH) ดัดแปลงจากวิธีของ Suwanangul *et al.* (2021) โดยละลายผงโปรตีนคอนเซนเทรตจากจิ้งหรีดบ้านในน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50–55°C และปรับค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ให้เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์แต่ละชนิดด้วยสารละลาย 2M NaOH เพื่อให้ครอบคลุมการย่อยโปรตีนทั้งในลักษณะเอนโดเปปติเดสและเอกโซเปปติเดส จึงเลือกใช้เอนไซม์ 3 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์อัลคาเลส (Alcalase® 2.4L from *Bacillus licheniformis*) เอนไซม์ฟลาโวไซม์ (Flavourzyme from *Aspergillus oryzae*) และเอนไซม์นิวเทรซ (Neutrase® 0.8L from *Bacillus amyloliquefaciens*) โดยเติมเอนไซม์ในอัตราร้อยละ 3 (w/w) และย่อยภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ เอนไซม์อัลคาเลส ปรับ pH 8.0 ย่อยโปรตีนที่อุณหภูมิ 55°C เอนไซม์ฟลาโวไซม์ ปรับ pH 6.5 ย่อยโปรตีนที่อุณหภูมิ 50°C และเอนไซม์นิวเทรซ ปรับ pH 7.0 ย่อยโปรตีนที่อุณหภูมิ 55°C ตามลำดับ ระหว่างการย่อยกวนสารละลายด้วยเครื่อง Overhead stirrer ที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที พร้อมควบคุมค่า pH และอุณหภูมิให้คงที่ตลอดระยะเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด หยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ด้วยการให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที ปล่อยให้เย็น จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 8,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อแยกโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยออก ส่วนของสารละลายใส (supernatant) ซึ่งเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสตถูกนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ได้เป็นผงโปรตีนไฮโดรไลเสต 3 ชนิด

การวิเคราะห์ระดับการย่อยสลาย (Degree of Hydrolysis: DH) ด้วยวิธี OPA assay

วิธีวิเคราะห์ระดับการย่อยสลายของโปรตีน (DH) ดัดแปลงจากวิธีของ Suwanangul and Ruttarattanamongkol (2022) โดยเตรียมสารละลาย OPA reagent ดังนี้ ผสมโซเดียมเตตระโบเรต 100 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร เข้ากับสารละลายโซเดียมเตตระโบเรตเคคาไฮเดรต 20% ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร เติมน้ำ o-Phthalaldehyde (OPA) ปริมาณ 20 มิลลิกรัม และ 2-mercaptoethanol ปริมาตร 50 ไมโครลิตร โดยละลายส่วนผสมทั้งหมดในเมทานอล แล้วปรับปริมาตรรวมเป็น 500 ไมโครลิตร นำ OPA reagent ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายตัวอย่างโปรตีนไฮโดรไลเสต 10 ไมโครลิตร ที่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณหมู่อะมิโนอิสระของ CPH ให้ทำการย่อยตัวอย่างด้วยกรดไฮโดรคลอริก 6 M ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ขนาดเปปไทด์

ขนาดโมเลกุลของเปปไทด์ในโปรตีนไฮโดรไลเสต จากจังหวัด วิเคราะห์ด้วยโครมาโทกราฟีแยกตามขนาดโมเลกุล (Size-Exclusion Chromatography: SEC) ตามวิธีการของ Sangsawad *et al.* (2022) โดยฉีดตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร เข้าสู่คอลัมน์ Superdex Peptide 10/300 GL ที่เชื่อมต่อกับระบบ Fast Protein Liquid Chromatography: FPLC (ÄKTA Pure, GE Healthcare, Uppsala, Sweden) และตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 215 นาโนเมตร มาตรฐานที่ใช้สำหรับกำหนดน้ำหนักโมเลกุล ได้แก่ cytochrome c (12,384 Da), aprotinin (6,512 Da), AGNQVLNLQADLPK (1,480.6 Da), MILLLFR (1,095 Da), Hippuryl-L-histidyl-L-leucine (429.47 Da) และ tyrosine (181.19 Da)

ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ดัดแปลงจาก Suwanangul *et al.* (2025) โดยเตรียมสารละลาย DPPH reagent ด้วยการละลาย DPPH 0.0040 กรัม ในเมทานอลปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตัวอย่างถูกละลายในสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ (pH 7.0) ที่มี Triton X-100 จากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร และสารละลาย DPPH reagent 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมของแผ่น 96-well plate บ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้กลูตาไธโอนเป็นสารมาตรฐาน และใช้บัฟเฟอร์เป็นตัวควบคุม

การทดสอบการดักจับอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical scavenging assay) ดัดแปลงจาก Suwanangul *et al.* (2025) ตัวอย่างถูกละลายในสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ (pH 7.4) แล้วปิเปตตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร ใส่ในหลุมของแผ่น 96-well plate เติมน้ำ 1,10-phenanthroline 3 มิลลิโมลาร์ สารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต 3 มิลลิโมลาร์ และสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 0.01% อย่างละ 50 ไมโครลิตร จากนั้นบ่มที่ 37°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกลูตาไธโอนและใช้บัฟเฟอร์เป็นตัวควบคุม

การทดสอบการเกิดคีเลชันของโลหะ (metal chelating activity) ดัดแปลงจาก Suwanangul *et al.* (2023) โดยละลายตัวอย่างในน้ำกลั่น แล้วปิเปตตัวอย่าง 500 ไมโครลิตร ลงในหลุมของแผ่น 96-well plate เติมน้ำ 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร น้ำกลั่น 925 ไมโครลิตร และสารละลาย FeCl₂ 2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 25 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที ก่อนวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 562 นาโนเมตร โดยใช้กลูตาไธโอนเป็นสารมาตรฐานและน้ำกลั่นเป็นตัวควบคุม

การทดสอบด้วยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power ดัดแปลงจาก Suwanangul *et al.* (2021) โดยเตรียมสารละลาย FRAP reagent จากการผสมสารละลายโซเดียมอะซิเตท 300 มิลลิโมลาร์ (pH 3.6) เฟอร์ริกคลอไรด์ 20 มิลลิโมลาร์ และสารละลาย TPTZ 10 มิลลิโมลาร์ ที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก 40 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วน 10:1:1 ตามลำดับ จากนั้นปิเปตตัวอย่าง 40 ไมโครลิตร ลงในหลุมของแผ่น 96-well plate เติม FRAP reagent 200 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารเฟอร์รัสซัลเฟต (0.0625–1 มิลลิโมลาร์)

ค่าการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแสดงเป็นค่า EC₅₀ ซึ่งหมายถึง ความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 โดยคำนวณจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วน และโรคเบาหวานชนิดที่ 2

การยับยั้งเอนไซม์ Dipeptidyl peptidase-IV (DPP-IV) ทดสอบด้วย DPP-IV activity assay kit โดยละลายตัวอย่างในสารละลาย Tris-HCl buffer 100 มิลลิโมลาร์ (pH 8.0) ปิเปตตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นปริมาณ 20 ไมโครลิตร ลงในหลุมของแผ่น 96-well plate เติมเอนไซม์ DPP-IV ปริมาตร 30 ไมโครลิตร และสารละลายซับสเตรต (Gly-Pro-p-NA 0.75 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 405 นาโนเมตร โดยใช้ tripeptide Diprotin A (Ile-Pro-Ile) เป็นสารอ้างอิง และใช้บัฟเฟอร์เป็นตัวควบคุม

การยับยั้งเอนไซม์ alpha-amylase ดัดแปลงจากวิธีของ Suwanangul *et al.* (2021) โดยละลายตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นในสารละลายโซเดียมฟอสเฟต

บัฟเฟอร์ 0.02 โมลาร์ (pH 6.9) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37°C 10 นาที จากนั้นเติมเอนไซม์ alpha-amylase (1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และสารละลายแป้ง 100 ไมโครลิตร บ่มต่อที่ 25°C 10 นาที ก่อนเติมสารละลาย DNS reagent ปริมาตร 200 ไมโครลิตร (ประกอบด้วย DNS 96 มิลลิโมลาร์, sodium potassium tartrate tetrahydrate 2 โมลาร์ และ NaOH 2 โมลาร์) แล้วให้ความร้อนในน้ำเดือด 5 นาที หลังจากเย็นตัวลงเติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร

การยับยั้งเอนไซม์ alpha-glucosidase ดัดแปลงวิธีของ Suwanangul *et al.* (2021) เตรียมเอนไซม์อย่างหยาบ (rat intestinal acetone power) 300 มิลลิกรัม ละลายใน 0.9% โซเดียมคลอไรด์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 3,500 รอบต่อนาที 30 นาที จากนั้นเก็บสารละลายส่วนใสและแช่แข็งไว้จนกว่าจะนำมาใช้ทดสอบ ระหว่างการทดสอบ ปิเปตตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายในโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ (pH 6.9) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายเอนไซม์อย่างหยาบ 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37°C 10 นาที แล้วเติมซับสเตรต PNP-glycoside 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 10 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 405 นาโนเมตร

ทั้งนี้ ผลการยับยั้งเอนไซม์แสดงด้วยค่า IC₅₀ ซึ่งหมายถึง ความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้ร้อยละ 50 โดยคำนวณจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของเอนไซม์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 20

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ระดับการย่อยสลายของโปรตีน (DH)

ระดับการย่อยสลายของโปรตีนจากจิ้งหรีดบ้าน ที่ผ่านการไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์อัลคาเลส เอนไซม์ฟลาโวไซม์ และเอนไซม์นิวเทรส ดังแสดงใน Figure 1 พบว่า เอนไซม์อัลคาเลส ให้ค่า DH สูงที่สุด (22.36%) รองลงมา คือ เอนไซม์ฟลาโวไซม์ (16.48%) และเอนไซม์นิวเทรส (10.92%) ตามลำดับ โดยค่า DH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลนี้ยืนยันว่า ชนิดของเอนไซม์เป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมระดับการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ma *et al.* (2023) ที่ระบุว่าเอนไซม์ในกลุ่ม serine endopeptidase เช่น เอนไซม์อัลคาเลส มีประสิทธิภาพสูงในการตัดพันธะเปปไทด์ภายในสายโปรตีน โดยเฉพาะบริเวณที่มีกรดอะมิโน

ไม่ชอบน้ำ เช่น Leucine, Phenylalanine และ Tyrosine ส่งผลให้เกิดการแตกตัวของสายโปรตีนเป็นเปปไทด์ขนาดเล็กสั้นมากกว่าเอนไซม์ชนิดอื่น ในขณะที่เอนไซม์ฟลาโวไซม์มีทั้ง endo- และ exopeptidase activity จึงให้ค่า DH ปานกลาง สำหรับเอนไซม์นิวเทรส ซึ่งเป็นเอนไซม์ neutral metalloprotease มักแสดงกิจกรรมต่ำกว่าในสภาวะ pH 7-8 ที่ใช้ในการทดลอง ระดับการย่อยที่สูงขึ้นของเอนไซม์อัลคาเลส สะท้อนถึงการปลดปล่อยหมู่อะมิโนอิสระจำนวนมาก ซึ่งสัมพันธ์กับการได้เปปไทด์น้ำหนักโมเลกุลต่ำ และความสามารถในการเกิดปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้ดีขึ้น (Mishyna *et al.*, 2021) ดังนั้น ความแตกต่างของค่า DH จึงสะท้อนถึงระดับการแตกตัวของสายโปรตีน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดรูปแบบการกระจายขนาดโมเลกุลของเปปไทด์

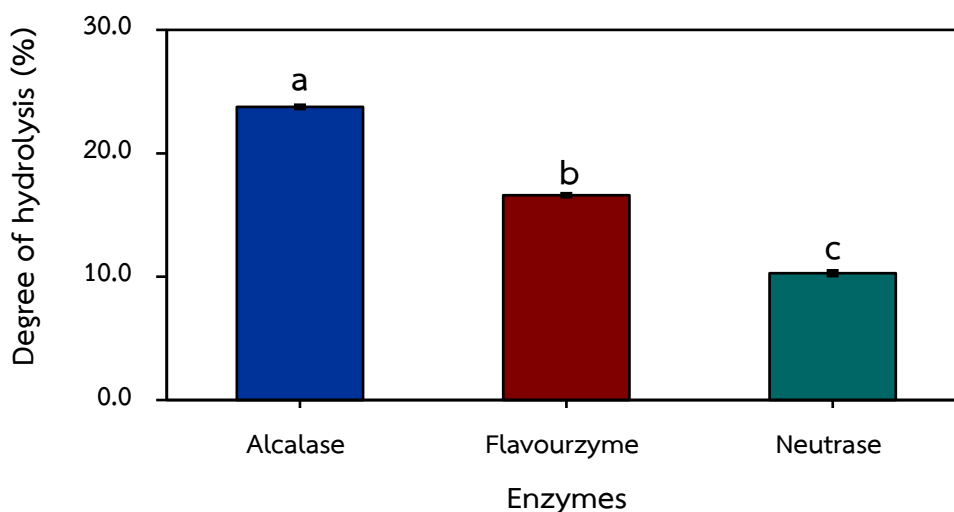


Figure 1 Degree of hydrolysis of cricket protein hydrolysates prepared using different proteolytic enzymes. Bars with different letters indicate significant differences among treatments ($p < 0.05$).

ขนาดโมเลกุลของเปปไทด์

ผลการวิเคราะห์การกระจายขนาดโมเลกุลของเปปไทด์ในโปรตีนไฮโดรไลสได้จากเอนไซม์อัลคาเลส เอนไซม์ฟลาโวไซม์ และเอนไซม์นิวเทรส แสดงดัง Figure 2

พบว่าเอนไซม์แต่ละชนิดให้โปรไฟล์โครมาโทแกรมที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถเฉพาะตัวในการตัดพันธะเปปไทด์และการสร้างเปปไทด์ขนาดต่าง ๆ ทั้งนี้ เอนไซม์อัลคาเลสให้พีคหลักในช่วง

ปริมาตรการชะ 13–17 มิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับขนาดโมเลกุลประมาณ 400–3,000 Da แสดงถึงสัดส่วนเปปไทด์สายสั้นจำนวนมาก ในขณะที่เอนไซม์ฟลาโวไซม์ ให้พีคกว้างในช่วง 15–20 มิลลิลิตร (3–7 kDa) และเอนไซม์นิวเทส ให้พีคเด่นบริเวณ 9–14 มิลลิลิตร (>5 kDa) แสดงว่าการใช้เอนไซม์แต่ละชนิดส่งผลต่อรูปแบบการแตกตัวของโปรตีนแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับระดับการย่อยสลายใน Figure 1 พบแนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยเอนไซม์อัลคาเลส ซึ่งมีค่า DH สูงสุด ให้สัดส่วนของเปปไทด์น้ำหนักโมเลกุลต่ำ (<3 kDa) มากที่สุด ขณะที่เอนไซม์นิวเทส ให้ DH ต่ำที่สุด และยังคงมีเปปไทด์ขนาดใหญ่เป็น

องค์ประกอบหลัก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Patil *et al.* (2015) ซึ่งระบุว่า การย่อยที่มี DH สูง สัมพันธ์กับการเกิดเปปไทด์สายสั้น (<3 kDa) ซึ่งมักมีฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่า เช่น การต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเอนไซม์เมตาบอลิซึม เนื่องจากเอนไซม์อัลคาเลส เป็นเอนไซม์เอนโดเปปติเดสที่สามารถตัดพันธะเปปไทด์ภายในสายโปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงสร้างเปปไทด์ขนาดเล็กที่มีหมู่ฟังก์ชันอิสระมากขึ้น ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการบริจาคอิเล็กตรอนหรือต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงจับกับ active site ของเอนไซม์เมตาบอลิซึมได้ดีกว่าเปปไทด์ขนาดใหญ่ (Antony and Vijayan, 2021)

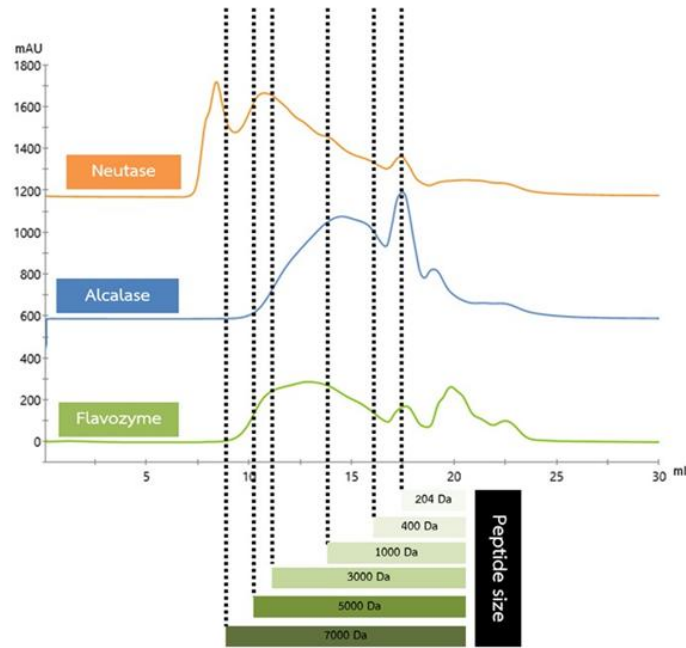


Figure 2 Gel-filtration chromatograms showing the molecular-weight distribution of cricket protein hydrolysates prepared using different proteolytic enzymes

การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ค่า EC_{50} เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ประเมินศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ โดยค่าที่ต่ำกว่าสะท้อนถึงประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระที่สูงกว่า ผลการทดสอบ (Figure 3a-d) แสดงให้เห็นว่า โปรตีนไฮโดรไลสจากเอนไซม์อัลคาเลส มีค่า EC_{50} ต่ำที่สุดในชุดการ

ทดสอบ DPPH และการจับไอออนโลหะ ($p < 0.05$) บ่งชี้ถึงความสามารถในการบริจาคอิเล็กตรอนและคีเลตกับไอออน Fe^{2+} ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับระดับการย่อยสลายที่สูง และการเกิดเปปไทด์ขนาดเล็กในช่วงน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 400–3,000 Da จากผลการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ เปปไทด์สายสั้นเหล่านี้มีหมู่

ฟังก์ชันที่สามารถบริจาคอิเล็กตรอนได้ดี เช่น -OH, -SH และ -NH₂ จากกรดอะมิโน Tyrosine, Tryptophan, Histidine และ Cysteine ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาถ่ายโอนอิเล็กตรอนกับอนุมูล DPPH หรือจับกับตำแหน่งประจุบวกของ Fe²⁺ ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง (Czelej *et al.*, 2022) ในทางกลับกัน โปรตีนไฮโดรไลสจากเอนไซม์นิวเทรสแสดงศักยภาพสูงสุดในการกำจัดอนุมูลไฮดรอกซิล (\cdot OH) และในการทดสอบ FRAP โดยมีค่า EC₅₀ ต่ำที่สุด (p<0.05) ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการบริจาคอิเล็กตรอนในระบบสารละลายน้ำได้ดีกว่าเอนไซม์อื่น กลไกนี้คาดว่าเกี่ยวข้องกับการมีเปปไทด์ขนาดปานกลางถึงใหญ่ (>5 kDa) ที่ยังคงหมู่ซัลโฟฮิโดรเจน เช่น Histidine, Lysine, Arginine และ Methionine (Suwanagul *et al.*, 2021) สอดคล้องกับรายงานของ Sangsawad *et al.* (2022) ซึ่งระบุว่าเปปไทด์ขนาดปานกลางที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนมีซัลโฟฮิโดรเจนได้ดีกว่าเปปไทด์สายสั้นในบางกรณี

สำหรับโปรตีนไฮโดรไลสจากเอนไซม์ฟลาโวไซม์ ซึ่งมีทั้งคุณสมบัติของเอนโดเปปติเดสและเอ็กโซเปปติเดส พบว่าค่า EC₅₀ อยู่ในระดับปานกลางในทุกชุดการทดสอบ แสดงถึงการย่อยโปรตีนที่ให้ทั้งเปปไทด์ขนาดเล็กและขนาดปานกลางในสัดส่วนสมดุล ทำให้เกิดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในหลายกลไกพร้อมกัน แต่ไม่เด่นชัดในด้านใดด้านหนึ่ง ดังนั้น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลสจากจึงหริตมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับการย่อย และเชิงลบกับน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของเปปไทด์ กล่าวคือ เมื่อค่าระดับการย่อยเพิ่มขึ้น สัดส่วนของเปปไทด์ขนาดเล็กเพิ่มขึ้น ซึ่งมีสมบัติในการบริจาคอิเล็กตรอนและคีเลตโลหะได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม โครงสร้างลำดับกรดอะมิโนและการจัดเรียงตัวของเปปไทด์ยังมีบทบาทสำคัญต่อกลไกการออกฤทธิ์ในแต่ละระบบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดสมรรถนะต้านอนุมูลโดยรวมของผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลส (Suwanagul *et al.*, 2021)

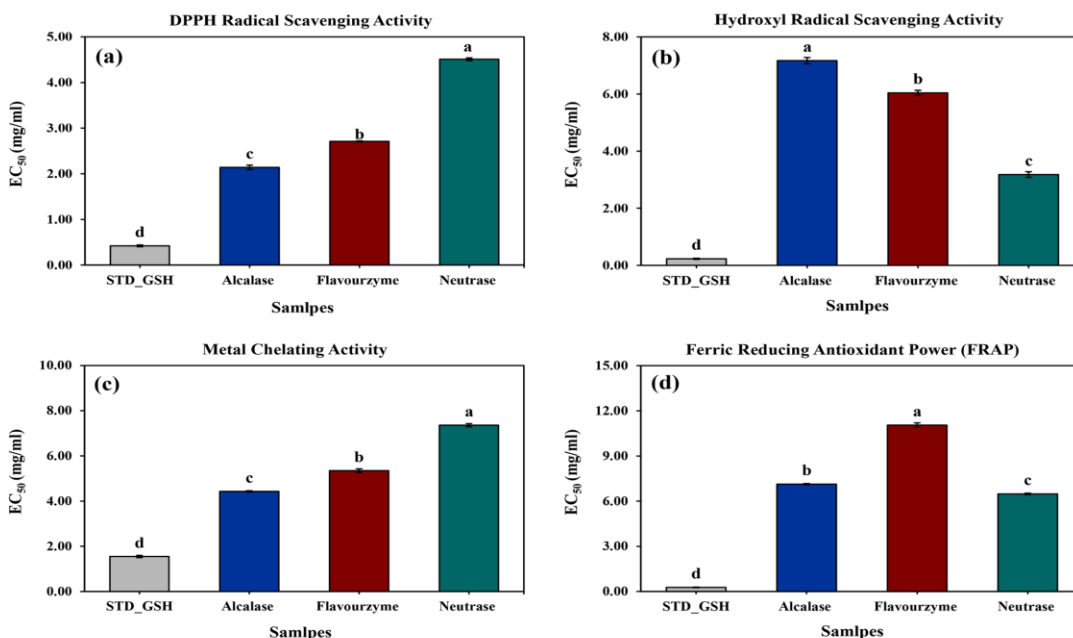


Figure 3 Antioxidant activities of cricket protein hydrolysates obtained from different proteolytic enzymes compared with glutathione (STD_GSH); DPPH radical scavenging activity (a), hydroxyl radical scavenging activity (b), metal ion chelating (c) and ferric reducing antioxidant power (d) Bars (mean±standard deviation) with different letters have mean values that are significantly different at p<0.05.

การยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วน และโรคเบาหวาน ชนิดที่ 2

การประเมินฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ dipeptidyl peptidase-IV (DPP-IV), alpha-amylase และ alpha-glucosidase ของโปรตีนไฮโดรไลเสตจากจิ้งหรีด แสดงผลดัง Figure 4a-c โดยใช้ค่า IC₅₀ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการยับยั้ง พบว่าการใช้เอนไซม์ อัลคาเลส ให้ค่า IC₅₀ ต่ำที่สุดในทุกการทดสอบ สะท้อน ศักยภาพการยับยั้งที่สูงการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ฟลาโวไซม์และเอนไซม์นิวเทรส ซึ่งสอดคล้องกับค่า DH สูงและ สัดส่วนเปปไทด์ขนาดเล็ก (<3 kDa) ที่มากที่สุดในกลุ่ม ดังกล่าว แนวโน้มดังกล่าวแสดงความสัมพันธ์เชิงบวก

ระหว่างระดับ DH กับประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ กล่าวคือ การเพิ่มสัดส่วนของเปปไทด์น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ช่วยเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงบริเวณ active site ของเอนไซม์ ขณะที่การย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์นิวเทรส ซึ่งมี DH ต่ำและประกอบด้วยเปปไทด์ขนาดใหญ่กว่า มีประสิทธิภาพลดลง ทั้งนี้ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่สูง ของเอนไซม์อัลคาเลส ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสมารถ ในการให้รับอิเล็กตรอนและจับโลหะ ยังอาจส่งเสริมการเกิด ปฏิสัมพันธ์กับหมู่ฟังก์ชันของเอนไซม์ได้ดียิ่งขึ้น ผลลัพธ์ สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้า (Suwanangul *et al.*, 2021) ที่พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสตที่มีเปปไทด์น้ำหนัก โมเลกุลต่ำมักแสดงฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์เมตาบอลิซึมสูงกว่า

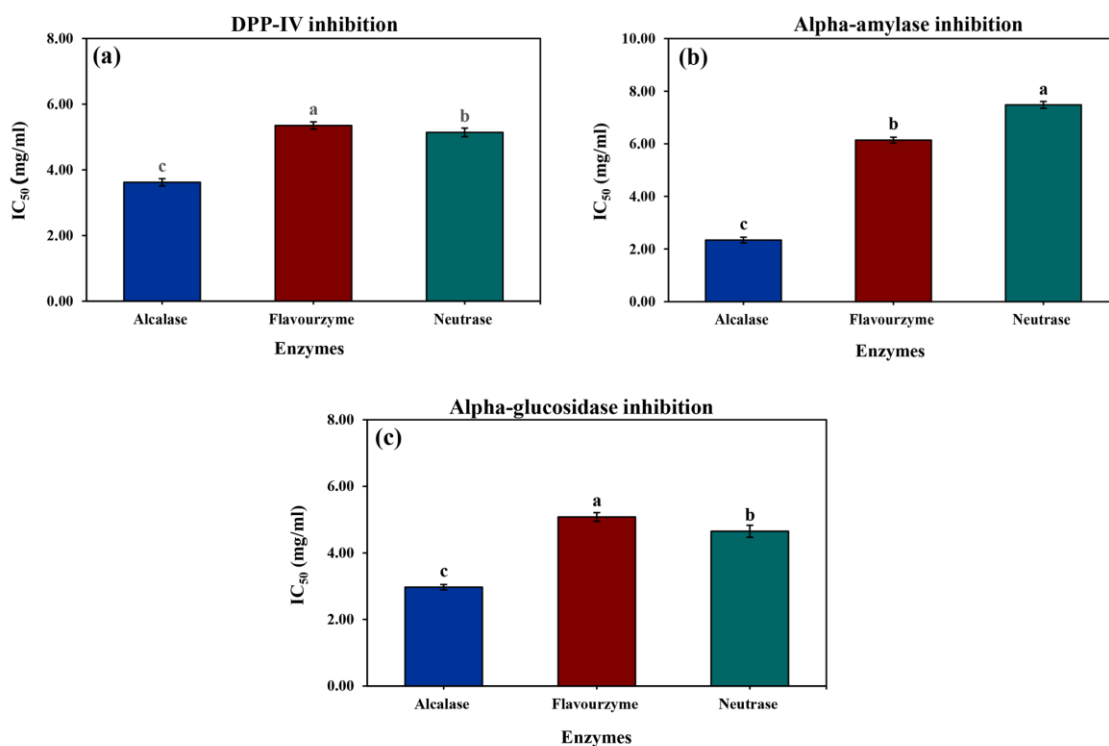


Figure 4 Inhibitory effects of cricket protein hydrolysates (CPHs) prepared using different proteolytic Enzymes; DPP-IV inhibition (a), alpha-amylase inhibition (b) and alpha-glucosidase Inhibition (c) Bars with different letters (a–c) indicate significant differences (p<0.05).

สรุปผลการวิจัย

โปรตีนไฮโดรไลเสตจากจิ้งหรีดบ้านที่ผลิตด้วย เอนไซม์อัลคาเลส มีค่า DH สูงที่สุด และให้สัดส่วนเปปไทด์ น้ำหนักโมเลกุลต่ำมากที่สุด ส่งผลให้มีศักยภาพต้านอนุมูลอิสระสูง และยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV, alpha-amylase inhibition และ alpha-glucosidase ได้ เหนือกว่าไฮโดรไลเสตจากเอนไซม์อื่น ผลดังกล่าวยืนยันว่าการคัดเลือกเอนไซม์ย่อยที่เหมาะสมสามารถเพิ่มศักยภาพทางชีวภาพของโปรตีนจิ้งหรีดได้ และสนับสนุนต่อการพัฒนาเป็นส่วนประกอบอาหารฟังก์ชัน หรือโภชนเภสัช ทั้งนี้ควรดำเนินการศึกษาต่อเนื่องด้านความปลอดภัย (cytotoxicity) การระบุเปปไทด์ออกฤทธิ์ และการประเมินในระบบเซลล์และสัตว์ทดลอง เพื่อยืนยันประสิทธิผลและความปลอดภัยก่อนการประยุกต์ใช้เชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนงานวิจัย มูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 รหัสโครงการวิจัย มจ.1-67-03-001.1 จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ตลอดจนการสนับสนุนด้านสถานที่และอุปกรณ์จากห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งเอื้อให้การดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จ ลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Antony, P. and R. Vijayan. 2021. Bioactive peptides as potential nutraceuticals for diabetes therapy: a comprehensive review. **International Journal of Molecular Sciences** 22(16): 9059.
- Anyasi, T.A., P. Acharya and C.C. Udenigwe. 2025. Edible insects as an alternative protein source: nutritional composition and global consumption patterns. **Future Foods** 12: 100699.
- Chanadang, S., S. Mingyai, P. Charoenthaikij, K. Sathapornprasath, Y. Supan, D. Wayupap and T. Itthisoponkul. 2024. Topic: physicochemical, functional and antioxidant properties of cricket protein powders produced by microwave-assisted spouted bed drying. **Future Foods** 10: 100480.
- Czelej, M., K. Garbacz, T. Czernecki, J. Wawrzykowski and A. Wasko. 2022. Protein hydrolysates derived from animals and plants-a review of production methods and antioxidant activity. **Foods** 11(13): 1953.
- Hamad, A. and A. Tayel. 2025. Food 2050 concept: trends that shape the future of food. **Journal of Future Foods** 6(6): 1053–1066.

- Ma, Z., M. Mondor, F.G. Valencia and Hernández-A.J. Alvarez. 2023. Current state of insect proteins: extraction technologies, bioactive peptides and allergenicity of edible insect proteins. **Food & Function** 14(18): 8129–8156.
- Mishyna, M., J.K. Keppler and J. Chen. 2021. Techno-functional properties of edible insect proteins and effects of processing. **Current Opinion in Colloid & Interface Science** 56: 101508.
- Patil, P., S. Mandal, S.K. Tomar and S. Anand. 2015. Food protein-derived bioactive peptides in management of type 2 diabetes. **European Journal of Nutrition** 54(6): 863–880.
- Sangsawad, P., S. Katemala, D. Pao, S. Suwanangul, R. Jeencham and M. Sutheerawattananonda. 2022. Integrated evaluation of dual-functional DPP-IV and ACE inhibitory effects of peptides derived from sericin hydrolysis and their stabilities during in vitro-simulated gastrointestinal and plasmin digestions. **Foods** 11(23): 3931.
- Suwanangul, S., M.A. Alashi, R.E. Aluko, W. Tochampa and K. Ruttarattanamongkol. 2021. Inhibition of α -amylase, α -glucosidase and pancreatic lipase activities in vitro by sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) protein hydrolysates and their fractionated peptides. **Maejo International Journal of Science and Technology** 15(1): 13–26.
- Suwanangul, S., P. Sangsawad, M.A. Alashi, R.E. Aluko, W. Tochampa, S. Chittrakorn, and K. Ruttarattanamongkol. 2021. Antioxidant activities of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) protein isolate and its hydrolysates produced with different proteases. **Maejo International Journal of Science and Technology** 15(1): 48–60.
- Suwanangul, S. and K. Ruttarattanamongkol. 2022. Antioxidant and biochemical properties of protein hydrolysates prepared from Sacha Inchi meal. **Journal of Agricultural Research and Extension** 39(2): 55–67. [in Thai]
- Suwanangul, S., P. Jaichakan, N. Narkprasom, S. Kraithong, K. Narkprasom and P. Sangsawad. 2023. Innovative insights for establishing a synbiotic relationship with *Bacillus coagulans*: viability, bioactivity, and In Vitro-simulated gastrointestinal digestion. **Foods** 12(19): 3692.
- Suwanangul, S., K. Arkanit, S. Kraithong, W. Sorndech, S. Tastub, N. Rungraeng and P. Sangsawad. 2025. Impact of an innovative two-step temperature-controlled accelerated germination process on phytochemical enhancement, digestibility, and morphological changes in colored rice. **Food Chemistry** 478: 143558.

Suwanangul, S., N. Rungraeng, S. Phongthai,
R. Chen, H. Corke, Y. Ai and
P. Sangsawad. 2025. Effects of
pressure-cooking and freeze-drying on
the quality and functionality of instant
black rice: starch crystallinity, bioactive
properties, and digestibility.
**International Journal of Biological
Macromolecules** 318(1): 144754.

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง
อำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์

Factors Influencing Pesticide Usage Behavior of Cassava Farmers
in Tha Khantho District, Kalasin Province

ธานินทร์ ภูติโส* ศุภชัย สุทธิเจริญ และอรวรรณ ศรีโสมพันธ์

Tanin Putiso*, Supachai Sutijaroen and Orawan Srisompun

สาขาเกษตรศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand 44150

*Corresponding author: tanin25181975@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0005-6606-6357>

Received: August 20, 2025

Revised: November 12, 2025

Accepted: November 24, 2025

Abstract

This research aimed to examine socio-economic characteristics, knowledge, and perceptions influencing pesticide usage behavior among cassava farmers in Tha Khantho district, Kalasin province. Data were collected through structured interviews with 361 farmers. Descriptive statistics and multiple regression analysis were performed. The respondents were predominantly female and married, between 46-55 years of age, had completed primary school, with 4–7 household members, annual income from cassava of less than 50,000 baht, with an average landholding of 10 to 20 rai. Farmers cultivated an average landholding of 10–20 rai, relying primarily on their own labor and capital. Knowledge assessment showed that most farmers had a high level of knowledge regarding pesticide use (8.68–13.00 points), although misconceptions remained in certain areas, particularly in the disposal of pesticide containers. Farmers demonstrated pesticide usage behaviors across four stages—before, during, and after application—at a high and safe level, with consideration for personal, family, and environmental safety. The regression analysis revealed that significant factors positively related to pesticide use behavior included education level, basic knowledge, and attitudes towards pesticide use when facing severe pest outbreaks. Additionally, attitudes towards pesticide contamination of produce were significantly related to pesticide use behavior. Recommended policies include subsidies, low-interest loans, pesticide reduction training, expert support, guaranteed markets for pesticide-free cassava, and legislation with tax incentives to reduce pesticide use.

Keywords: cassava farmers, chemical usage behavior, pesticides

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจสังคม ระดับความรู้และความคิดเห็น ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง อำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลจากเกษตรกร จำนวน 361 ราย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงอายุเฉลี่ย 46–55 ปี สมรสแล้ว จบการศึกษาชั้นประถมศึกษา มีสมาชิกในครัวเรือน เฉลี่ย 4-7 คน มีรายได้จากการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ยน้อยกว่า 50,000 บาทต่อปี ถือครองที่ดิน เฉลี่ย 10–20 ไร่ ใช้แรงงานและเงินทุนของตนเองเป็นหลัก ผลการศึกษาด้านความรู้พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับมาก (8.68–13.00 คะแนน) แม้ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนบางประเด็น เช่น การกำจัดภาชนะบรรจุสารเคมี และมีพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างไม่เป็นขั้นตอนทั้งก่อนใช้ ขณะใช้ และหลังการใช้ โดยส่วนใหญ่ปฏิบัติได้ถูกต้องและปลอดภัยในระดับสูง โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเอง ครอบครัว และสิ่งแวดล้อม ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ระดับการศึกษา ความรู้พื้นฐาน และทัศนคติการใช้สารเคมีเมื่อพบการระบาดรุนแรง มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมการใช้สารเคมีอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.10$) ขณะที่ทัศนคติต่อการปนเปื้อนของผลผลิตมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.10$) ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ได้แก่ การสนับสนุนเครื่องจักร ปุ๋ย สารชีวภาพ เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ และเงินอุดหนุน จัดอบรมลดการใช้สารเคมี ให้คำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ รับประทานราคาผลผลิตปลอดสาร เชื่อมโยงตลาด ออกกฎหมายส่งเสริมการลดการใช้สารเคมี และลดภาษีแก่เกษตรกรที่ปฏิบัติตาม

คำสำคัญ: เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง พฤติกรรม การใช้สารเคมี

บทนำ

ปัจจุบันการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในภาคเกษตรกรรมของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้เพียงพอต่อความต้องการบริโภคและการส่งออก ทั้งนี้ปัญหาโรค แมลง และวัชพืช ในพื้นที่การผลิตขนาดใหญ่ยังเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารเคมีเพื่อป้องกันความเสียหายของผลผลิต (Wannaudom, 2018) เพราะในปัจจุบันผลผลิตทางการเกษตรนั้นได้กลายเป็นสินค้าส่งออก มีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ สร้างรายได้ และเสริมสร้างอาชีพให้กับประชากรในประเทศ (Thanomsit and Malaram, 2017) ข้อมูลในปี พ.ศ. 2564 ระบุว่า มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชประมาณ 257 ชนิด โดยเป็นสารกำจัดวัชพืช ร้อยละ 50 สารกำจัดแมลงร้อยละ 30 สารกำจัดโรคพืช ร้อยละ 15 และสารอื่น ๆ ร้อยละ 5 ขณะเดียวกัน Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control (2011) รายงานว่าช่วงปี พ.ศ. 2546–2555 มีผู้ป่วยจากพิษสารเคมีเฉลี่ยปีละ 1,734 ราย และในปี พ.ศ. 2557 มีผู้ป่วยเพิ่มเป็น 7,954 ราย ข้อมูลจาก Department of Agriculture (2019) แสดงให้เห็นว่า การนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพิ่มขึ้นกว่า 50% ในช่วงปี พ.ศ. 2551–2561 และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) จัดให้ประเทศไทยเป็นผู้ใช้อันดับ 4 ของโลก สารเคมีที่ใช้มาก ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต ไพรีทรัม และไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (Kanjajitra, 2012; Pradubwong, 2010) อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้อง ยังคงพบอย่างแพร่หลาย (Netrathip, 1997) ไม่ว่าจะเป็นการผสมสารเคมีในอัตราที่ไม่ถูกต้อง การไม่ปฏิบัติตาม

คำแนะนำบนฉลาก การไม่ใช้เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) อย่างครบถ้วน ตลอดจนการกำจัดภาชนะบรรจุที่ใช้หมดแล้วอย่างไม่เหมาะสม เช่น การเผาหรือการทิ้งลงในแหล่งน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร ครอบครัว และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ (Jørs *et al.*, 2006) สอดคล้องกับสถานการณ์ในจังหวัดกาฬสินธุ์ที่มีอัตราป่วยจากพิษสารเคมีสูง (Bureau of Occupational and Environmental Diseases, 2015)

จังหวัดกาฬสินธุ์เป็นพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังขนาดใหญ่ ปลูกมันสำปะหลังเป็นลำดับที่ 7 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกกว่า 189,000 ไร่ และเกษตรกร 16,154 ราย (Kalasin Provincial Agricultural Office, 2023) โดยอำเภอท่าคันโทเป็นพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญเป็นอันดับสองของจังหวัด มีเกษตรกร 3,672 ครัวเรือน ปลูกมันสำปะหลังรวม 44,845.78 ไร่ (Tha Khantho District Agricultural Office, 2022) และมีโรงงานแป้งมันสำปะหลังขนาดใหญ่ 2 แห่ง แม้ราคามันสำปะหลังจะช่วยสร้างรายได้ แต่พื้นที่ปลูกกลับเผชิญปัญหาโรคและแมลงศัตรูพืช เช่น โรคใบด่าง ไรแดง และเพลี้ยแป้ง ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีมากขึ้น (Tha Khantho District Agricultural Office, 2021)

แม้จะพบว่าแม้เกษตรกรจะมีความรู้และทัศนคติที่ดีต่อการใช้สารเคมี แต่การปฏิบัติยังไม่ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม (Ramaiwong and Charemtanyarak, 2020) จากรายงานของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้ทำการสุ่มเจาะเลือดของเกษตรกรเพื่อหาสารเคมีตกค้างในเลือด โดยใช้กระดาษทดสอบพิเศษ (reactive paper) ในปี พ.ศ. 2553–2554 จำนวน 25,840 และ 46,617 ราย ในพื้นที่ทั้ง 18 อำเภอของจังหวัดกาฬสินธุ์ ผลการตรวจสอบพบว่า ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับเสี่ยงและไม่ปลอดภัย จำนวน 11,828,20 และ 822 ราย คิดเป็นร้อยละ 45.77 และ 55.33 ตามลำดับ นอกจากนี้พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้องยังคงพบอย่างต่อเนื่อง และจากรายงานการคัดกรองความเสี่ยง

ของเกษตรกรระหว่างปี พ.ศ. 2563–2565 พบผู้มีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยจากการสัมผัสสารเคมีเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2565 มีผู้ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม “มีความเสี่ยง” และ “ไม่ปลอดภัย” รวมกว่า 6,000 ราย (Kalasin Provincial Public Health Office, 2023) ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปัจจัยที่มีอิทธิพลของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในอำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์ จึงมีความสำคัญเพื่อใช้เป็นข้อมูลกำหนดนโยบายและแนวทางแก้ไขปัญหาการใช้สารเคมีอย่างเหมาะสม ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้านส่วนบุคคล ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคมและการสื่อสาร และด้านความรู้และความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง พฤติกรรม การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง อำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์

วิธีดำเนินการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสังคมและการสื่อสาร ปัจจัยด้านความรู้และความคิดเห็น มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง อำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง อำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์ สามารถกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังนี้ ตัวแปรอิสระ (independent variable) ประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 2) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้ภาค

การเกษตร การถือครองที่ดิน ภาระหนี้สิน 3) ปัจจัยด้านสังคม ได้แก่ ประสบการณ์การปลูกมันสำปะหลัง ประสบการณ์การทำเกษตร การได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และ 4)

ระดับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ส่วนตัวแปรตาม (dependent variable) ประกอบด้วยพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง อำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์ ดังได้แสดงในกรอบแนวคิดการวิจัย

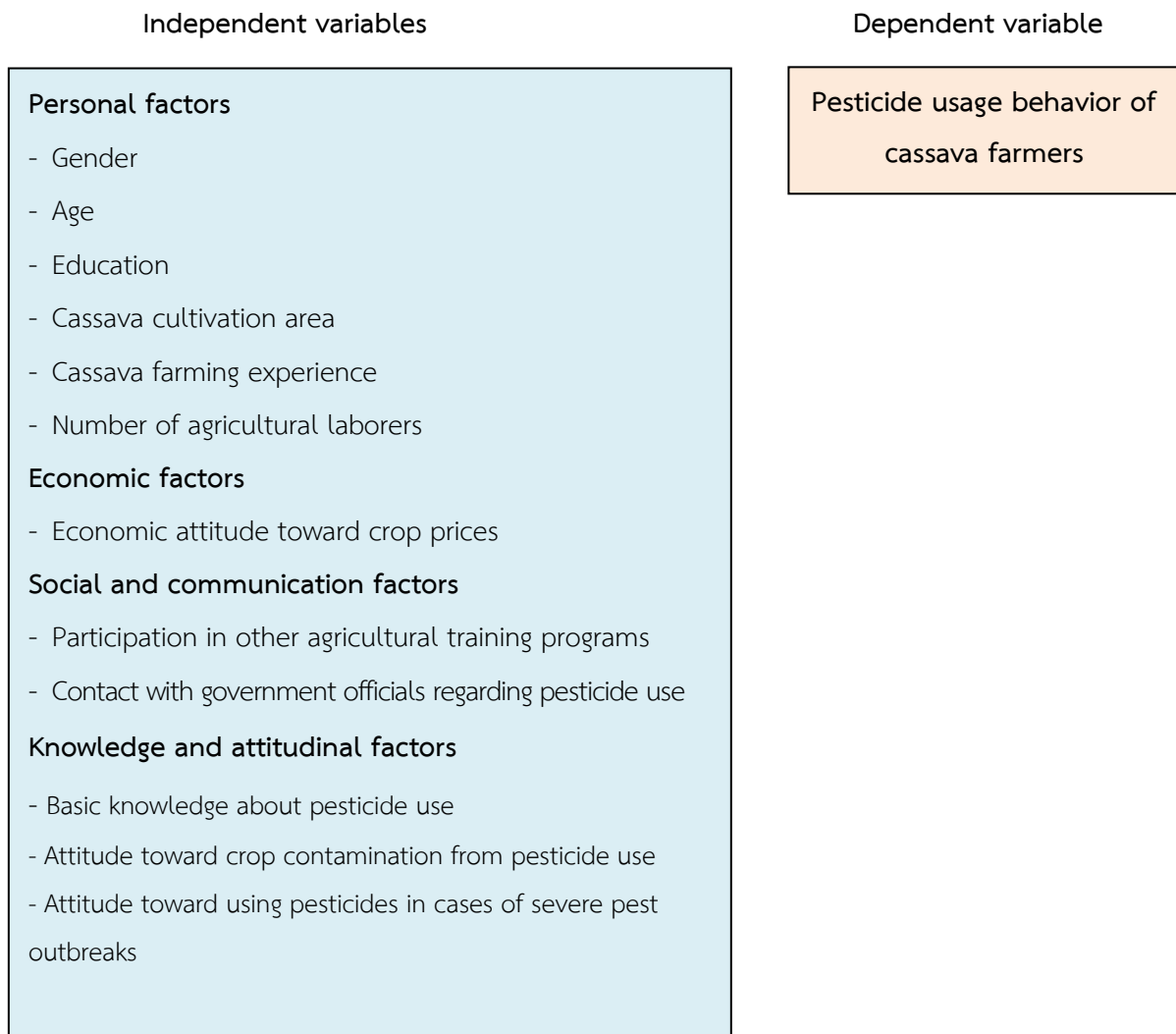


Figure 1 Conceptual framework of study

พื้นที่ศึกษา

อำเภอท่าคันโท ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดกาฬสินธุ์ ห่างจากตัวจังหวัดประมาณ 109 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งหมด 245,968 ไร่ หรือ 393.55 ตารางกิโลเมตร โดยมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดอุดรธานี และขอนแก่น การปกครองแบ่งออกเป็น 6 ตำบล 60 หมู่บ้าน รวม 9,831 ครัวเรือน ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบลูกคลื่นลอนตื้นถึงลอนลาด เหมาะสำหรับการปลูกพืชไร่และข้าว พื้นที่บางส่วนเป็นเขตป่าสงวนแห่งชาติ เช่น วนอุทยานภูพระ มีภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน แบ่งเป็น 3 ฤดู คือ ร้อน ฝน และหนาว ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี 1,290 มิลลิเมตร และอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30 องศาเซลเซียส

อำเภอท่าคันโทเป็นแหล่งผลิตมันสำปะหลังสำคัญของจังหวัด โดยมีเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง 3,672 ครัวเรือน พื้นที่ปลูกรวม 44,845.78 ไร่ (Tha Khantho District Agricultural Office, 2022) และมีโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังขนาดใหญ่ 2 แห่ง การปลูกมันสำปะหลังสร้างรายได้ที่มั่นคงให้เกษตรกร เนื่องจากราคารับซื้อหัวมันสดที่โรงงานไม่ต่ำกว่ากิโลกรัมละ 3 บาท ที่เชื่อแป้ง 25% (Thai Tapioca Starch Association, 2023) อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังเผชิญปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช เช่น โรคใบด่าง เพลี้ยแป้ง และไรแดง โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2564 ที่พบการระบาดของไรแดงเกือบทุกตำบลในช่วงฤดูแล้ง ส่งผลกระทบต่อผลผลิตอย่างรุนแรง เกษตรกรจึงต้องพึ่งพาการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น ซึ่งทำให้ศัตรูธรรมชาติถูกทำลายและการระบาดของความรุนแรงขึ้นภายใต้สภาพอากาศที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของแมลง (Tha Khantho District Agricultural Office, 2021)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนผู้ปลูกมันสำปะหลังกับสำนักงานเกษตรอำเภอท่าคันโท ในปี พ.ศ. 2565 รวมทั้งสิ้น 3,672 ราย โดยผู้วิจัย

ได้ทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) จากกรอบรายชื่อประชากรดังกล่าว ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 361 ราย ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากสูตรการหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Moathong *et al.*, 2017)

เครื่องมือและเทคนิคในการรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยแบ่งโครงสร้างของแบบสัมภาษณ์ออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร เป็นคำถามเกี่ยวกับลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการทำเกษตร รายได้ของครัวเรือน และการฝึกอบรมด้านการเกษตรและการใช้สารเคมีในการปลูกมันสำปะหลัง ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา (descriptive statistics)

ตอนที่ 2 ระดับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นการประเมินความรู้พื้นฐานของเกษตรกร โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลตามช่วงคะแนน ดังนี้

- คะแนน 11.01-13.00 = มีความรู้ระดับมากที่สุด
- คะแนน 9.01-11.00 = มีความรู้ระดับมาก
- คะแนน 7.01-9.00 = มีความรู้ระดับปานกลาง
- คะแนนน้อยกว่า 7.00 = มีความรู้ระดับน้อย

ตอนที่ 3 พฤติกรรมของเกษตรกรต่อการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับครอบคลุมประเด็นด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยต่อคนและสัตว์ การตกค้างและการปนเปื้อนในพืชและดิน รวมถึงปัจจัยด้านปริมาณการใช้ ราคา และสถานการณ์การระบาดของศัตรูพืช โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายการปฏิบัติ ดังนี้

- 4.21-5.00 = เห็นด้วยมากที่สุด
- 3.41-4.20 = เห็นด้วยมาก

2.61-3.40 = ไม่แน่ใจ

1.81-2.60 = ไม่เห็นด้วย

1.00-1.80 = ไม่เห็นด้วยมาก

ตอนที่ 4 ประเมินพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 4 ขั้นตอน ได้แก่ ก่อนซื้อ ก่อนใช้ ระหว่างใช้ และหลังใช้ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (rating scale) และแปลความหมายจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ดังนี้

คะแนน 4.21-5.00 = มากที่สุด

คะแนน 3.41-4.20 = มาก

คะแนน 2.61-3.40 = ปานกลาง

คะแนน 1.81-2.60 = น้อย

คะแนน 1.00-1.80 = น้อยที่สุด

คะแนน 0 = ไม่ปฏิบัติเลย

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอาศัยความน่าจะเป็น โดยเลือกใช้การสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) โดยอาศัยรายชื่อเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังที่ขึ้นทะเบียนกับกรมส่งเสริมการเกษตร ผ่านสำนักงานเกษตรอำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นกรอบประชากร จากนั้นดำเนินการสุ่มตัวอย่างตามขั้นตอน ดังนี้ (1) กำหนดกลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย คือ เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่อำเภอท่าคันโท จำนวน 361 ราย ซึ่งจำแนกตามสัดส่วนในทั้ง 6 ตำบล (2) ทำการเลือกหมู่บ้านในแต่ละตำบลจำนวน 1-2 หมู่บ้าน ที่มีเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด และเก็บข้อมูลเกษตรกรอย่างน้อยหมู่บ้านละ 30 ราย (3) ใช้ตารางเลขสุ่ม (random number table) ในการสุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังแต่ละหมู่บ้านจากรายชื่อที่ได้รับจากสำนักงานเกษตรอำเภอท่าคันโท เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากรอย่างเหมาะสม

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของเกษตรกร และการทดสอบสมมติฐาน

1. ข้อมูลพื้นฐานด้านประชากร สังคม และเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา (descriptive statistics) โดยใช้ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) เพื่อ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่ออธิบายลักษณะโดยรวมของกลุ่มตัวอย่าง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเกษตรกรตัวอย่าง

2. เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร (ตัวแปรตาม) ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) โดยใช้วิธี Enter Method ซึ่งนำตัวแปรอิสระทั้ง 12 ตัวเข้าสมการพร้อมกัน เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรอิสระ ซึ่งเหมาะสมต่อการศึกษาคือความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างหลายตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยงานวิจัยนี้ใช้ตัวแปรอิสระจำนวน 12 ตัว (แสดงใน Figure 1) ได้แก่ ปัจจัยด้านส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสังคมและการสื่อสาร รวมทั้งปัจจัยด้านความรู้และความคิดเห็น

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม ระดับความรู้ ทักษะคิด ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช รวมถึงปัญหาและอุปสรรคในการใช้สารเคมีของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในอำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์ ปีการผลิต พ.ศ. 2566/2567 (พฤษภาคม 2566 – มิถุนายน 2567) โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรจำนวน 361 ราย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ผลการวิจัยนำเสนอใน 6 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ ปัจจัยด้านส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสังคมและการสื่อสาร ปัจจัยด้านความรู้และความคิดเห็น พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ

พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูก
มันสำปะหลัง ดังต่อไปนี้

ปัจจัยด้านส่วนบุคคล

จากผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรร้อยละ 59 เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 46–55 ปี ร้อยละ 58.4 มีการศึกษาระดับประถมศึกษา เนื่องจากข้อจำกัดด้านเศรษฐกิจฐานะครอบครัว และการเข้าถึงการศึกษาในอดีต ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสแล้ว คิดเป็นร้อยละ 85.9 ทำให้มีการทำการเกษตรเพื่อเป็นอาชีพหลักหรืออาชีพเสริมของครอบครัว สมาชิกในครอบครัวเฉลี่ย 4–7 คน คิดเป็นร้อยละ 85.9 เกษตรกรตัวอย่างมีประสบการณ์ปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 26.6 ปี และมีประสบการณ์ในการปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดมากกว่า 35 ปี สะท้อนถึงความเชี่ยวชาญที่สืบทอดอย่างต่อเนื่อง

ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่มีรายได้ครัวเรือนเฉลี่ยน้อยกว่า 50,000 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 44.6 รองลงมารายได้เฉลี่ย 50,000–100,000 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 21.3 เกษตรกรตัวอย่างมีรายได้จากการปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ย 118,095.90 บาทต่อปี โดยเกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้น้อยกว่า 50,000 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 39.3 อย่างไรก็ตาม ขึ้นอยู่การปรับตัวของราคาพืชผลในแต่ละปีทำให้รายได้บางกลุ่มเพิ่มขึ้น การถือครองที่ดินเฉลี่ย 12.90 ไร่ โดยเกษตรกรร้อยละ 57.9 มีที่ดินน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ไร่ ซึ่งส่วนใหญ่สืบทอดมาจากบรรพบุรุษ แต่ยังมีกลุ่มเกษตรกรบางรายที่ไม่มีที่ดินและต้องเช่าเพื่อทำการเกษตร ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมีภาระหนี้สินระหว่าง 100,001–500,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 39.6 ของเกษตรกรตัวอย่างทั้งหมด โดยแหล่งกู้ยืมหลักมาจาก ธ.ก.ส. จากกองทุนหมู่บ้าน และชุมชนเมือง (กทบ.) โดยสาเหตุของการก่อหนี้ที่สำคัญของเกษตรกร คือ หนี้จากต้นทุนทางการเกษตร ทั้งนี้

การมั่นใจว่าจะได้รับการช่วยเหลือด้านราคาพืชผล การเกษตรจากรัฐบาล ส่งผลให้เกษตรกรมีการก่อหนี้ (Ronnarongnuruk, 2015) และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนหนี้สินของครัวเรือนภาคเกษตร คือ อายุ สถานภาพสมรส ค่าใช้จ่ายของครัวเรือนต่อปี ขนาดที่ดินที่ใช้ในการเพาะปลูก และการมีที่ดินทำการเกษตรเป็นของตนเอง (Janposri *et al.*, 2024)

ปัจจัยด้านสังคมและการสื่อสาร

จากการศึกษาพบว่า ด้านการฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 80.6 ไม่เคยได้รับการฝึกอบรม รองลงมาร้อยละ 17.7 ได้รับการฝึกอบรม 1–5 ครั้งต่อปี ด้านการได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับเกษตรด้านอื่น ๆ ส่วนใหญ่ร้อยละ 82.8 ไม่ได้รับการฝึกอบรม และเกษตรกรร้อยละ 15.8 เคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับเกษตรด้านอื่น ๆ 1–5 ครั้งต่อปี ร้อยละ 1.1 โดยหน่วยงานที่จัดส่วนใหญ่ คือ สำนักงานเกษตรอำเภอ สำนักงานปศุสัตว์ และสถานีพัฒนาที่ดิน ด้านการติดต่อเจ้าหน้าที่ของภาครัฐเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่าร้อยละ 74.2 เคยได้รับการติดต่อจากเจ้าหน้าที่ และเกษตรกรร้อยละ 25.8 ไม่เคยได้รับการติดต่อจากเจ้าหน้าที่ของภาครัฐ เกี่ยวกับการให้คำแนะนำในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ด้านการติดต่อเจ้าหน้าที่ของภาคเอกชนในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่าร้อยละ 79.2 เคยได้รับการติดต่อจากเจ้าหน้าที่ของภาคเอกชน และร้อยละ 20.8 ไม่เคยได้รับการติดต่อจากเจ้าหน้าที่ของภาคเอกชน ด้านแหล่งข้อมูลในการรับข่าวสาร พบว่าร้อยละ 52.1 ได้รับข้อมูลข่าวสารจากโทรทัศน์ ร้อยละ 33 ได้รับข้อมูลข่าวสารจากวิทยุ ร้อยละ 30.2 ได้รับข้อมูลข่าวสารจากยูทูบ และรองลงมาได้รับข้อมูลข่าวสารจากเกษตรกรผู้นำ จากเจ้าหน้าที่ของภาครัฐ จากเพื่อนบ้านข้างเคียง จากญาติพี่น้อง จากวารสารทางการเกษตร จากเฟซบุ๊ก จากหนังสือพิมพ์ และจากแอปพลิเคชันไลน์ ตามลำดับ

ปัจจัยด้านความรู้และความคิดเห็น

จากการศึกษาด้านระดับความรู้พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับมาก (8.68–13.00 คะแนน) แต่ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนบางประเด็น เช่น หลังการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทานเผาภาชนะบรรจุสารเคมีอย่างรีบร้อน เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 51.80 ตอบผิด เนื่องจาก

ข้อเท็จจริงแล้วเกษตรกรคิดว่าควรฝังภาชนะบรรจุสารเคมีจึงจะเหมาะสม และมีความปลอดภัยกว่าการเผาทำลาย เพราะการเผาจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของสารเคมีและสร้างมลภาวะอันเป็นพิษเพิ่มมากยิ่งขึ้น แต่การวัดความรู้พบว่าส่วนใหญ่มีความรู้ระดับมากที่สุด (12–13 คะแนน) จากแบบทดสอบ 13 ข้อ (Table 1 และ 2)

Table 1 Results of the basic knowledge test on pesticide use among sample farmers

No.	Question item	Answer	
		Correct	Incorrect
1	Pesticides are synthetic chemicals used to prevent and control pests and related diseases.	313 (86.7)	48 (13.3)
2	Pesticides should be sprayed only in the morning and evening.	317 (87.8)	44 (12.2)
3	Only government-approved pesticides should be used.	320 (88.6)	41 (11.4)
4	Contamination found in vegetables or other crops is caused by farmers using pesticides.	345 (95.6)	16 (4.4)
5	Contact herbicides include paraquat.	264 (73.1)	97 (26.9)
6	Systemic herbicides include glyphosate.	316 (87.5)	45 (12.5)
7	The color band on a pesticide bottle indicates the level of toxicity of the chemical.	270 (74.8)	91 (25.2)
8	a red color band on a pesticide bottle means the chemical is highly toxic.	316 (87.5)	45 (12.5)
9	Pesticides leaking into rivers, canals, or ponds can kill aquatic animals or cause disease outbreaks.	347 (96.1)	14 (3.9)
10	Wearing protective clothing can prevent harm from pesticide use.	346 (95.8)	15 (4.2)
11	Other activities should not be carried out while applying pesticides.	339 (93.9)	22 (6.1)
12	After using pesticides, containers should be washed and packaging properly disposed of.	348 (96.4)	13 (3.6)
13	After using pesticides, burning containers is a proper disposal method.	174 (48.2)	187 (51.8)

Values in parentheses indicate percentages.

Table 2 Number of sample farmers classified by level of knowledge and understanding of pesticide use

Knowledge level	Number (persons)	Percentage
Very High (12–13 Score)	215	59.5
High (10–11 Score)	89	24.7
Moderate (8–9 Score)	26	7.2
Low (1–7 Score)	31	8.6

ผลการศึกษาด้านความคิดเห็นต่อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเชิงบวกต่อการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.39 (SD=0.56) อยู่ในระดับ “มาก” ถึง “มากที่สุด” เกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม อีกทั้ง

การใช้มากเกินไปอาจก่อให้เกิดโรคหรือผลกระทบต่อสุขภาพ รวมถึงเห็นว่าพืชผลทางการเกษตรมีการปนเปื้อนและสารตกค้างในดิน อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังคงเห็นด้วยว่าการใช้สารเคมีเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและการตัดสินใจใช้ยังขึ้นอยู่กับราคาผลผลิตทางการเกษตรในแต่ละปี (Table 3)

Table 3 Mean, standard deviation, and attitude levels of farmers toward pesticide use

Attitude	\bar{x}	SD	Interpretation
1) Pesticides used have long-term cumulative effects on the environment.	4.34	0.82	Strongly agree
2) Cassava sprayed with pesticides is unsafe.	4.14	0.85	Agree
3) I will only use pesticides when there is a severe pest outbreak that cannot be controlled by other methods.	4.59	0.79	Strongly agree
4) Pesticides are dangerous to humans and animals; users must exercise extreme caution.	4.66	0.67	Strongly agree
5) Crops treated with pesticides are inevitably contaminated to some extent.	4.46	0.79	Strongly agree
6) All pesticides are harmful to users and should be handled with great caution; following the instructions strictly will ensure safety.	4.71	0.70	Strongly agree

Table 3 (Continued)

Attitude	\bar{x}	SD	Interpretation
7) Pesticides can remain in the soil.	4.41	0.73	Strongly agree
8) Excessive use of pesticides is one of the causes of farmers' illnesses.	4.49	0.86	Strongly agree
9) To achieve high yields, it is necessary to use pesticides.	3.98	1.11	Agree
10) The annual price of agricultural products affects the decision to use pesticides.	4.12	1.05	Agree
	$\bar{x} = 4.39$	SD = 0.56	Min-Max = 1-5

Attitude levels are interpreted as follows; 4.21–5.00 = strongly agree, 3.41–4.20 = agree, 2.61–3.40 = uncertain, 1.81–2.60 = disagree, 1.00–1.80 = strongly disagree

พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง

จากการศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การเลือกซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูพืช วิธีปฏิบัติก่อนการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช วิธีปฏิบัติขณะใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และวิธีปฏิบัติหลังการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในการปลูกมันสำปะหลัง ผลการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่จะขอคำแนะนำจากร้านจำหน่ายวัตถุดิบอันตรายทางการเกษตร มีเกษตรกรส่วนน้อยที่ซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำจากนักวิชาการ การซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกษตรกรยังคำนึงตามระดับความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชน้อย แต่เกษตรกรก็ยังเลือกซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแหล่งจำหน่ายที่เชื่อถือได้ เช่น ร้านค้าที่ได้รับอนุญาตให้จำหน่ายวัตถุดิบอันตรายทางการเกษตร และจะศึกษารายละเอียดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดก่อนตัดสินใจซื้อทุกครั้ง พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชแล้วต้องอาบน้ำชำระล้างร่างกาย และซักเสื้อผ้าก่อนที่จะไปทำกิจกรรมอื่น ๆ ต้องทำความสะอาดอุปกรณ์การพ่นสารเคมีเมื่อเสร็จงานทุกครั้ง หลังจากฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชภายในวันต้องเข้าไปทำกิจกรรมภายในแปลงเพื่อความปลอดภัย และขณะ

บรรจุสารเคมีที่ใช้หมดแล้วจะต้องนำไปขุดหลุมฝังกลบบนดินให้มิดชิดทุกครั้ง

ในขั้นตอนก่อนการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกษตรกรมีระดับการปฏิบัติทุกครั้ง เรียงลำดับดังนี้ 1) ตรวจสอบอุปกรณ์การพ่นสารเคมีให้อยู่ในสภาพที่ดีก่อนการใช้งาน 2) อ่านฉลากให้เข้าใจก่อนและผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำบนฉลากทุกครั้ง 3) ต้องสวมถุงมือ ผ้าปิดจมูก และใช้ไม้ในการคนผสมหรือถ่ายเทสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 4) เลือกชนิดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชให้เหมาะสมกับแมลงศัตรูพืช วัชพืชที่ระบาดในแปลง

เกษตรกรมีพฤติกรรมการใช้สารเคมีพฤติกรรม การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้องและปลอดภัยทั้ง 4 ขั้นตอน จะเห็นได้ว่ามีระดับการปฏิบัติที่มีค่าสูงในทุกด้าน ซึ่งพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีผลต่อสุขภาพของผู้ใช้หรือผู้รับจ้างในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกษตรกรจะต้องยืนเหนือลมเสมอ ไม่สูบบุหรี่ ดื่มน้ำ หรือรับประทานอาหารในขณะที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในขณะที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต้องสวมชุดป้องกันสารเคมี เช่น เสื้อแขนยาว กางเกง ถุงมือ หน้ากาก/ผ้าปิดจมูก แวนตา ผ้าปิดปาก หมวก/ผ้าโพกศีรษะ และรองเท้ายูท หลังจากที่ทำพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชแล้วต้องอาบน้ำ

ชำระล้างร่างกาย และซักเสื้อผ้าก่อนที่จะไปทำกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อเป็นการลดการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในร่างกาย

ในขั้นตอนขณะการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกษตรกรมีระดับการปฏิบัติ เรียงลำดับดังนี้ ต้องเลือกเวลาในช่วงเช้าหรือตอนเย็นที่แสงแดดไม่ร้อนจัดและจะฉีดพ่นในขณะที่ลมสงบ ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานและพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ความเชื่อด้านความปลอดภัยต่อสุขภาพ เกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ในขั้นตอนหลังการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกษตรกรมีระดับการปฏิบัติเรียงลำดับ ดังนี้ ไม่รับประทานอาหารทันทีหลังฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเสร็จเกษตรกรและครอบครัวจะไม่เข้าไปทำกิจกรรมในแปลงจนกว่าจะปลอดภัยแล้ว อาบน้ำชำระล้างร่างกายให้สะอาดหลังฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนรับประทานหรือทำกิจกรรมอื่น ๆ เก็บอุปกรณ์ภาชนะที่ใช้ในการผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยมิดชิดและปลอดภัยไม่นำขวดภาชนะบรรจุสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมาใช้ในครัวเรือน ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหลังจากท่านฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเสร็จ นำขวดภาชนะบรรจุสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไปทิ้งในสถานที่ที่ปลอดภัยห่างไกลจากชุมชน (Table 4)

Table 4 Mean, standard deviation, and levels of pesticide use practices among cassava farmers

Topics	\bar{x}	SD	Practice level
Pesticide purchasing practices			
1) Purchase pesticides based on the recommendations of agricultural experts	3.90	1.01	Often
2) Purchase pesticides according to their toxicity level	4.45	0.98	Always
3) Purchase pesticides from reliable sources	4.56	0.95	Always
4) Review the details of each pesticide before deciding to purchase	4.60	0.90	Always
Practices before using pesticides			
1) Read instructions, safety precautions, and first-aid measures on the pesticide label every time	4.44	1.10	Always
2) Inform family members or neighbors before spraying pesticides	4.33	1.16	Always
3) Inspect spraying equipment (e.g., nozzle, hose, pump) before each use	4.61	1.01	Always
4) Mix pesticides according to the quantities specified on the label for each spraying	4.42	1.10	Always

Table 4 (Continued)

Topics	\bar{x}	SD	Practice level
Practices during pesticide use			
1) Spray pesticides during appropriate times (e.g., morning or evening)	4.50	1.11	Always
2) Spray pesticides under suitable weather conditions			
3) Use mixing containers exclusively for pesticides, without mixing with other containers	4.52	1.04	Always
	4.59	1.04	Always
4) Wear protective clothing such as overalls, hat, and mask during spraying			
5) Avoid smoking, eating snacks, or using the phone while spraying pesticides	4.52	1.04	Always
	4.67	0.97	Always
Practices after using pesticides			
1) Store containers and equipment used for mixing pesticides in a secure and safe place	4.63	0.99	Always
2) Clean equipment used for spraying pesticides	4.57	1.08	Always
3) After spraying pesticides, avoid entering the field with family members until it is safe	4.66	0.99	Always
4) Dispose of empty pesticide containers in a safe place away from the community	4.57	1.05	Always
5) Do not reuse pesticide containers in the household	4.63	1.02	Always
6) Avoid eating immediately after spraying pesticides	4.68	0.96	Always
7) Bath and thoroughly wash the body after spraying pesticides before eating or engaging in other activities	4.65	1.01	Always

Practice levels are interpreted as follows; 4.21–5.00 = always practiced, 3.41–4.20 = often practiced, 2.61–3.40 = moderately practiced, 1.81–2.60 = rarely practiced, 1.00–1.80 = never practiced

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง

ผลการประมาณค่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา จากแบบจำลองถดถอยพหุคูณ พบว่าค่าความแปรปรวนที่อธิบายได้ (Coefficient of Determination: R²) มีค่าเท่ากับ 0.402 แสดงว่าตัวแปรอิสระที่ใช้ใน

การศึกษา ได้แก่ ปัจจัยด้านส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม และการสื่อสาร รวมถึงความรู้และความคิดเห็น สามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังได้ ร้อยละ 40.20 (Table 5) นั่นคือ ตัวแปรอิสระบางตัวสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 40.20 โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลเชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่

ระดับการศึกษา ($p < 0.10$) ขนาดพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ($p < 0.10$) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ($p < 0.01$) และทัศนคติต่อการใช้สารเคมีเมื่อเกิดการระบาดของรุนแรง ($p < 0.01$) ในขณะที่ทัศนคติเกี่ยวกับการปนเปื้อนของผลผลิตมีอิทธิพลเชิงลบ ($p < 0.10$) ส่วนปัจจัยอื่น ๆ เช่น เพศ อายุ ประสบการณ์ปลูกมันสำปะหลัง และจำนวนแรงงาน ไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 5 Multiple regression analysis of factors influencing farmers' pesticide use behavior in cassava cultivation

Variable	Unstandardized coefficient (B)	t-value	p-value
Constant		5.594	0.00**
Gender	0.054	1.064	0.29
Age	-0.014	-0.029	0.82
Education	0.091	1.631	0.10**
Cassava cultivation area	0.093	1.844	0.07**
Cassava farming experience	0.019	0.276	0.78
Number of agricultural laborers	-0.006	-0.119	0.91
Economic attitude toward crop prices	-0.063	-1.169	0.24
Participation in other agricultural training programs	-0.059	-1.179	0.24
Contact with government officials regarding pesticide Use	0.049	0.961	0.34
Basic knowledge about pesticide use	0.319	6.140	0.00**
Attitude toward crop contamination from pesticide use	-0.112	-1.957	0.05**
Attitude toward using pesticides in cases of severe pest outbreaks	0.186	3.302	0.00**
$R^2 = 0.402$		$F = 5.6$	

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาค่อนข้างต่ำ รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนอยู่ในระดับต่ำ และมีภาระหนี้สินปานกลางถึงสูง ปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลต่อการเข้าถึงข้อมูล ความรู้ และการตัดสินใจในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

แม้ว่าเกษตรกรจะมีพฤติกรรมการใช้สารเคมีอยู่ในระดับที่ดี โดยเฉพาะในขั้นตอนการใช้งานและหลังการใช้ แต่การเลือกซื้อสารเคมียังอยู่ในระดับปฏิบัติที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งสะท้อนถึงช่องว่างด้านความรู้หรือการเข้าถึงข้อมูล ที่ถูกต้องจากผู้จำหน่ายหรือแหล่งข้อมูลทางการเกษตร ทั้งนี้ สอดคล้องกับงานของ (Praneetvatakul *et al.*, 2013) ที่ชี้ว่าปัจจัยทางเศรษฐกิจและการเข้าถึงข้อมูล

มีผลต่อการตัดสินใจใช้สารเคมีของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ

ทัศนคติของเกษตรกรต่อความปลอดภัยในการใช้สารเคมีอยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องกับพฤติกรรมการปฏิบัติที่ค่อนข้างระมัดระวัง เช่น การใช้อุปกรณ์ป้องกันการอาบน้ำหลังพ่นสาร และการทำความสะอาดอุปกรณ์ ซึ่งคล้ายกับข้อค้นพบของ (Ngowi *et al.*, 2007) ที่รายงานไว้ว่า เกษตรกรที่มีทัศนคติเชิงบวกต่อความปลอดภัยมักจะมีพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงมากกว่า อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยพื้นฐาน เช่น อายุ เพศ และการติดต่อกับเจ้าหน้าที่รัฐ ไม่ส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจสะท้อนข้อจำกัดของบทบาทภาครัฐในการถ่ายทอดองค์ความรู้และติดตามผลในระดับพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่า ระดับความรู้พื้นฐาน ทัศนคติเกี่ยวกับความรุนแรงของการระบาด และความกังวลต่อสารตกค้าง เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สะท้อนให้เห็นว่า พฤติกรรมของเกษตรกรไม่ได้ถูกกำหนดโดยลักษณะประชากรทั่วไป เช่น อายุ เพศ หรือประสบการณ์เพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับการรับรู้ ความเข้าใจ และความเชื่อมโยงกับผลกระทบที่เกษตรกรเผชิญโดยตรง โดยเกษตรกรที่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องจะสามารถเลือกชนิด ปริมาณ และวิธีการใช้ได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสม ซึ่งลดความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Damalas and Eleftherohorinos, 2011) ที่ยืนยันว่าความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องมีบทบาทสำคัญในการลดการใช้สารเคมีเกินความจำเป็นและการปฏิบัติที่ผิดวิธี ขณะเดียวกัน ทัศนคติของเกษตรกรเกี่ยวกับความรุนแรงของการระบาดเป็นอีกตัวแปรที่ชี้วัดพฤติกรรมได้อย่างชัดเจน เนื่องจากเมื่อเกษตรกรรับรู้ว่าการใช้สารเคมีก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรง เกษตรกรจะเลือกใช้สารเคมีเป็นวิธีการหลักโดยไม่ลังเล แม้ว่าการใช้สารชีวภัณฑ์หรือวิธีการทางเลือกอาจปลอดภัยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Abate *et al.* (2000) ที่ระบุว่า การรับรู้ความเสี่ยงและแรงกดดัน

จากศัตรูพืชเป็นปัจจัยขับเคลื่อนการตัดสินใจใช้สารเคมีในระบบเกษตรแบบดั้งเดิม

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาลักษณะเศรษฐกิจสังคม ระดับความรู้ ความคิดเห็น และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ในอำเภอท่าคันโท จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้ข้อมูลจากเกษตรกรจำนวน 361 ราย ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 46-55 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีรายได้จากการปลูกมันสำปะหลังต่ำกว่า 50,000 บาทต่อปี และมีภาระหนี้สินในระดับปานกลาง เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในระดับมาก และมีพฤติกรรมการใช้ที่ค่อนข้างถูกต้องและปลอดภัย ทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการใช้ แต่ยังมีข้อบกพร่องในประเด็นเฉพาะ เช่น ความรู้เรื่องชนิดของสารเคมี แถบสีบอกความเป็นพิษ และวิธีการจัดการภาชนะบรรจุหลังการใช้ ผลการวิเคราะห์เชิงสถิติแสดงให้เห็นว่า ความรู้พื้นฐาน ทัศนคติเกี่ยวกับการระบาดของศัตรูพืช และการปนเปื้อนจากสารเคมี เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ปัจจัยส่วนบุคคล เช่น เพศ อายุ และการติดต่อเจ้าหน้าที่รัฐ ไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษา มีข้อเสนอแนะต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลัง ดังนี้

1. หน่วยงานภาครัฐ เช่น กรมวิชาการเกษตร และกรมส่งเสริมการเกษตร ควรจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ และประชาสัมพันธ์ความรู้เรื่องการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและปลอดภัย โดยเฉพาะในประเด็นที่เกษตรกรยังมีความเข้าใจผิด เช่น ชนิดของสารเคมี และความหมายของแถบสีบนฉลาก

2. ผู้จำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร ควรได้รับการพัฒนาองค์ความรู้และการกำกับดูแลจากภาครัฐ เพื่อสามารถให้คำแนะนำที่ถูกต้องแก่เกษตรกรในการ เลือกซื้อสารเคมีที่ปลอดภัยและเหมาะสม

3. ชุมชนเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรสนับสนุนการจัดการภาชนะบรรจุสารเคมีที่เหมาะสม เช่น การเผาทำลาย การฝังกลบ หรือการตั้งจุดรับคืน ภาชนะ เนื่องจากเกษตรกรจำนวนมากยังมีการจัดการ ภาชนะบรรจุสารเคมีไม่ถูกต้อง

4. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมุ่งเน้นการให้ ความรู้ สนับสนุนปัจจัยการผลิตทางเลือก เช่น สารชีวภัณฑ์ ตลอดจนมาตรการควบคุมและจูงใจ เช่น การให้เงิน อุดหนุน หรือมาตรการลดภาษีแก่เกษตรกรที่ปฏิบัติ ตามแนวทางการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรัญญู แก้วดวงตา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระยศ แข็งขัน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญดา แข็งขัน ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษาตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ขอขอบคุณคณะ เจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอท่าคันโท อาสาสมัคร และนิสิตชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความร่วมมือ ในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Abate,T., A. van Huis and J.K.O. Ampofo. 2000. Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective. **Annual Review of Entomology** 45(1): 631–659.

Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control. 2011. Pesticide Poisoning. pp. 136–138. *In Annual Surveillance Report 2011*. Bangkok: Department of Disease Control. [in Thai]

Bureau of Occupational and Environmental Diseases. 2015. **Situation of diseases and health hazards from pesticides**. Retrieved from <http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/106> [in Thai]

Damalas, C.A. and I.G. Eleftherohorinos. 2011. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 8(5): 1402–1419.

Department of Agriculture. 2019. **Quantity and value of agricultural hazardous substances imports, 2008–2018**. Retrieved from <http://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH> [in Thai]

Janposri, P., W. Iamchum and B. Sombatthira. 2024. Factors influencing household indebtedness of farmers: a case study of Borabu district, Maha Sarakham province. **Journal of Management and Development Ubon Ratchathani Rajabhat University** 11(1): 227–240. [in Thai]

- Jørs, E., R.C. Morant, G.C. Aguilar, O. Huici, F. Lander, J. Baelum and F. Konradsen. 2006. Occupational pesticide intoxications among farmers in Bolivia: a cross-sectional study. **Environmental Health: A Global Access Science Source** 5(10): 1–9.
- Kalasin Provincial Agriculture Office. 2023. **Report on the registration of cassava farmers. 2023/24 Kalasin province.** Retrieved from https://farmer.doae.go.th/report/report66/report_cassava66_fmddfb [in Thai]
- Kalasin Provincial Public Health Office. 2023. **Report on Screening for Risks from Occupational and Environmental Exposure to Pesticides for the Past 3 Years (2020–2022).** Kalasin Province: Kalasin Provincial Public Health Office 3 p. [in Thai]
- Kanjanajitra, C. 2012. **Thai Health 2012: Food Security – The Illusion of Money vs The Reality of Food.** Bangkok: Amarin Printing and Publishing. 120 p. [in Thai]
- Moathong, P., W. Thongkhot and S. Uengpanyatwarn. 2017. **Determining the sample size by the Yamane’s formula.** Retrieved from http://sc2.kku.ac.th/stat/statweb/images/Eventpic/60/Seminar/01_9_Yamane.pdf [in Thai]
- Netrathip, D. 1997. **Pesticide Use of the Small Farm Holding Farmers in Tambon Pua, Amphoe Pua, Changwat Nan.** Master Thesis. Chiang Mai University. 104 p. [in Thai]
- Ngowi, A.V., D.N. Maeda, C. Wesseling, T.J. Partanen, M.P. Sanga and G. Mbise. 2007. Smallholder vegetable farmers in Northern Tanzania: pesticides use practices, perceptions, cost and health effects. **Crop Protection** 26(11): 1617–1624.
- Pradubwong, A. 2010. Pollution from hazardous chemicals in Thailand. **Environmental Health Journal** 12: 3–13. [in Thai]
- Praneetvatakul, S., P. Schreinemachers, P. Pananurak and P. Tipraqsa. 2013. Pesticides, external costs and policy options for Thai agriculture. **Environmental Science & Policy** 27: 103–113.
- Ramaiwong, P. and L. Chareerntanyarak. 2020. Factor associated with cholinesterase levels of agriculturists in Yangom sub-district, Thakhantho district, Kalasin province. **KKU Journal for Public Health Research** 13(4): 1–13. [in Thai]
- Ronnarongnuruk, P. 2015. **Factor Affecting Agricultural Debt of Sugarcane Farmers, Cassava Farmers and Rice Farmers: An Empirical Study Base on Kanchanaburi and Petchaburi Province in Thailand.** Master Thesis. Thammasat University. 69 p. [in Thai]

Tha Khantho District Agriculture Office. 2021. **Report on pest outbreaks, 2021, Tha Khantho district, Kalasin province.** Retrieved from <https://report-ppsf.doae.go.th/site/login> [in Thai]

Tha Khantho District Agriculture Office. 2022. **Report on the registration of cassava farmers, 2022/23, Tha Khantho district, Kalasin province.** Retrieved from https://farmer.doae.go.th/report/report65/report_cassava65_fmdbufd [in Thai]

Thai Tapioca Starch Association. 2023. **Cassava prices as of October.** Retrieved from <http://thaitapioca.org/2023-27-15/> [in Thai]

Thanomsit, C. and N. Malaram. 2017. Effects of glyphosate on aquatic life. **Kochchasarn Journal of Science** 39(1): 98–109. [in Thai]

Wannaudom, P. 2018. Factors that make communication to reduce the use of agricultural chemicals in Thailand unsuccessful. **CRRU Journal of Communication Chiangrai Rajabhat University** 1(3): 42–65. [in Thai]

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตร
ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

Factors Correlating the Selection of Study Field in Agriculture
of Maejo University's Students, Chiang Mai

ขจรศักดิ์ ฌ ลำพูน จักรพงษ์ พวงงามชื่น* นครเศ รังควัต และพุดธิสรร์ศ์ เครือคำ

Kachornsak Na lampoon, Jukkaphong Pong-ngamchuen*, Nakarate Rungkawat
and Phutthisun Kruekum

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jukkaphobng.mju@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-5688-3162>

Received: March 08, 2025

Revised: July 16, 2025

Accepted: August 07, 2025

Abstract

The number of students in the field of agriculture at Maejo University has continuously decreased, due to resignations and dismissal during the mid-semester period. Therefore, it was necessary to study personal, socio-economic, expectation, academic, and support factors, including educational institution selection factors, and factors correlating with the selection of a field of study in agriculture among Maejo University students and to analyze the results in order to identify solutions to such problems. An interview schedule was used for data collection with focus group discussion techniques, from 343 first- and second-year students from the Faculty of Agricultural Production; the Faculty of Animal Science and Technology; and the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, selected by multi-state and simple random sampling. The obtained data were analyzed using descriptive and inferential statistics. The results revealed that the sample group was mostly female (51.60%), with an average age of 20.33 years. Most of the respondents (48.10%) resided in the northern region. The parents of the sample group worked in agriculture (37.46%), using their own land (79.59%), and generated an average annual income of 312,152.47 Baht. The majority of the sample group graduated from secondary school (67.36%). They had high expectations regarding the choice of a field of study in agriculture (\bar{X} =4.30) and expected to choose majors in fisheries and innovation of aquatic animal production (75.00%), agronomy (42.99%), and beef and dairy cattle (33.33%). Additionally, the sample group had a high level of family support (\bar{X} =3.81), a moderate level of motivation from friends (\bar{X} =3.81), and a high level of intension to select a field of study in agriculture (\bar{X} =4.05). However, as a whole, the study found 6 factors

correlated with the decision to select a field of study in agriculture, namely student's residency; expectation regarding educational institutions, agricultural courses, and future occupation, family support, and motivation from friends.

Keywords: Maejo University, study selection in higher education, study field in agriculture

บทคัดย่อ

นักศึกษาจากคณะด้านการเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีจำนวนลดลงจากการลาออกและพ้นสภาพ ระหว่างภาคการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงเป็นเรื่องจำเป็นในการศึกษาถึงปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคม ปัจจัยด้านความคาดหวัง ปัจจัยด้านวิชาการ ปัจจัยสนับสนุน รวมทั้งการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตร และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรของนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ และนำผลการศึกษาไปวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์ร่วมกับเทคนิคการอภิปรายกลุ่มกับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และ 2 จากคณะผลิตกรรมการเกษตร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ รวม 343 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน และการสุ่มอย่างง่าย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 51.60) มีอายุเฉลี่ย 20.33 ปี มีภูมิลำเนาอยู่ในภาคเหนือ (ร้อยละ 48.10) บิดาและมารดาประกอบอาชีพเกษตรกรรม (ร้อยละ 39.06 และ 35.86) ด้วยที่ดินของตนเอง (ร้อยละ 79.59) มีรายได้ครัวเรือนเฉลี่ย 312,152.47 บาทต่อปี ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย (ร้อยละ 67.36) โดยมีความคาดหวังมากในการศึกษาด้านการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 4.30) และคาดว่าจะเลือกเรียนสาขาวิชาเอกการประมงและนวัตกรรมการผลิตสัตว์น้ำ (ร้อยละ 75.00) ฟิชไร (ร้อยละ 42.99) และโคนมโคเนื้อ (ร้อยละ 33.33) นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังได้รับการสนับสนุนจากครอบครัวในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.81) มีแรงจูงใจจาก

เพื่อนในระดับปานกลาง (ร้อยละ 2.67) และมีระดับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.05) อย่างไรก็ตามในภาพรวมพบ 6 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตร ได้แก่ ภูมิลำเนา ความคาดหวังด้านสถาบันการศึกษา ด้านหลักสูตรทางการเกษตร และด้านการประกอบอาชีพในอนาคต การสนับสนุนจากครอบครัว และแรงจูงใจจากเพื่อน

คำสำคัญ: มหาวิทยาลัยแม่โจ้ การเลือกศึกษาในระดับอุดมศึกษา สาขาวิชาด้านการเกษตร

บทนำ

การศึกษาเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาสังคม (Lao-malo, 2019) ทั้งนี้ความรู้ความสามารถและทักษะด้านวิชาชีพของประชาชน ที่ได้จากการศึกษาถือเป็นตัวชี้วัดหนึ่งในการพัฒนาประเทศที่สำคัญ โดยนโยบายการส่งเสริมด้านการศึกษาของประเทศไทยให้ความสำคัญไปที่การสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิตและเสริมสร้างศักยภาพของผู้เรียนตามความถนัด (Ministry of Education, 2024) อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมด้านการศึกษาของภาครัฐมีเป้าหมายหลักในการสร้างบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในสาขาวิชาที่ประเทศชาติขาดแคลน รวมไปถึงสาขาวิชาด้านการเกษตรด้วย (Wangsay, 2022) ดังนั้นการตัดสินใจศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ถือเป็นตัวกำหนดความรู้ความสามารถ และทักษะเฉพาะของนักศึกษาหลังสำเร็จการศึกษา (Srirattana *et al.*, 2021) ทั้งนี้บุคคลที่ตัดสินใจเลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาที่เหมาะสมกับความรู้ ความสนใจ และความถนัด ก็ย่อมมีโอกาสประสบความสำเร็จ

ในการศึกษาและการทำงานในอนาคตได้มากกว่า (Kiniman *et al.*, 2021) โดยอาจกล่าวได้ว่าผู้ที่สำเร็จการศึกษาในสาขาวิชาต่าง ๆ ถือเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาขาด้านการเกษตร ซึ่งถือเป็นสาขาวิชาชีพหลักของประเทศ (Phak-Utthai, 2013)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นฐานในการประกอบอาชีพจากการทำเกษตรกรรมของประชาชนมากที่สุด (Poung-ngamchuen *et al.*, 2019) โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนที่มีพื้นที่ทำการเกษตรประมาณ 12.7 ล้านไร่ มีจำนวนแรงงานภาคเกษตร 2.9 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 26 ของแรงงานภาคเกษตรทั้งหมดของประเทศไทย (National Statistical Office, 2022) แต่เนื่องด้วยสภาวะแรงงานภาคการเกษตรที่ลดลง ทำให้สภาพเศรษฐกิจการเกษตรของไทยในปี พ.ศ. 2566 มีการขยายตัวเพียงร้อยละ 0.3 ของเศรษฐกิจภาค โดยเฉพาะในสาขาพืชมีการขยายตัวลดลงร้อยละ 1.3 จากปี พ.ศ. 2565 (Office of Agricultural Economics, 2024) นั้นหมายความว่า ภาคเหนือยังคงมีความต้องการแรงงานในภาคการเกษตรอยู่เป็นจำนวนมาก แต่เนื่องด้วยความไม่แน่นอนด้านรายได้และคุณภาพชีวิต ทำให้เกษตรกรหลายรายไม่สนับสนุนให้บุตรหลานสืบทอดอาชีพด้านเกษตรกรรม (Krajangchom *et al.*, 2016) ซึ่งส่งผลกระทบต่อโอกาสเลือกศึกษาต่อด้านการเกษตรในระดับอุดมศึกษาของบุตรหลานเกษตรกร อย่างไรก็ตามสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทยให้ความสำคัญกับการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่เข้มข้น เพื่อให้เกิดทักษะแก่ผู้เรียน โดยเฉพาะหลักสูตรที่เป็นวิชาชีพรวมถึงหลักสูตรด้านการเกษตร เช่น มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นมหาวิทยาลัยด้านการเกษตรที่มีการพัฒนาหลักสูตรประยุกต์กับศาสตร์การเกษตรมากมาย (Poung-ngamchuen *et al.*, 2019) และมีเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ทักษะ ความเชี่ยวชาญให้แก่ผู้เรียน เพื่อการต่อยอดความรู้สำหรับการประกอบอาชีพในอนาคต ในขณะที่มีรายงานว่าคณะด้านการเกษตรของมหาวิทยาลัยภาคเหนือตอนบนได้รับความนิยมและมีจำนวนผู้สมัคร

เข้าเรียนเป็นจำนวนมาก (Sirattana *et al.*, 2021) โดยคณะด้านการเกษตรของมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีผู้สมัครเข้าเรียนในปีการศึกษา พ.ศ. 2566 มากเป็นอันดับสองของภาคเหนือตอนบน (Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, 2023)

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มีการจัดการเรียนการสอนด้านการเกษตร 3 คณะคือ คณะผลิตกรรมการเกษตร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ (Maejo University, 2024a) ภายใต้วิสัยทัศน์ “เป็นมหาวิทยาลัยชั้นนำที่มีความเป็นเลิศทางการเกษตรในระดับนานาชาติ” (Maejo University, 2024b) ได้รับการจัดอันดับเป็นมหาวิทยาลัยยอดเยี่ยมอันดับที่ 8 ของประเทศประจำปีการศึกษา 2566 (Thailand Education Ranking, 2023) แต่มีผู้สนใจสมัครเรียนด้านการเกษตรในปีการศึกษา 2567 ลดลง 2.5% จากปีการศึกษา 2566 (Council of University Presidents of Thailand, 2024) และยังประสบปัญหานักศึกษาลาออก ย้ายสาขา ย้ายคณะ และพ้นสภาพนักศึกษาระหว่างภาคการศึกษา ทั้งนี้ Office of Academic Administration and Development (2025) รายงานว่าพบอัตราการพ้นสภาพของนักศึกษาระหว่างภาคการศึกษาในปีการศึกษา 2565 ร้อยละ 12.35 ปีการศึกษา 2566 ร้อยละ 6.63 และปีการศึกษา 2567 ร้อยละ 17.23 ตามลำดับ ซึ่งยังไม่นับรวมอัตราการย้ายสาขา ย้ายคณะ และการลาออกของนักศึกษาใหม่จากคณะด้านการเกษตรทั้ง 3 คณะ ส่งผลต่อการวางแผนเพื่อจัดการเรียนการสอน รวมไปถึงภาพลักษณ์ของคณะด้านการเกษตรและมหาวิทยาลัยอีกด้วย อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมและเอกสารวิชาการต่าง ๆ ผู้วิจัยได้นำหลักการแนวคิดของนักวิชาการและผลการวิจัยของนักวิจัยที่เกี่ยวข้องมาพิจารณากำหนดปัจจัยและวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านวิชาการ ปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคม ปัจจัยความคาดหวัง และปัจจัยสนับสนุน รวมทั้งการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตร และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษา

ในสาขาวิชาด้านการเกษตรของนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Yimyong, 2020; Lao-malo, 2019; Kiniman *et al.*, 2021; Srirattana *et al.*, 2021; Inthawee, 2021; Chuanchaisit, 2016; Chuayprakong, 2019; Emasiri, 2018; Kerdkaew, 2023) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องคือ ทฤษฎีความคาดหวัง (Vroom, 1964) ทฤษฎีแรงจูงใจ (Maslow, 1954) และทฤษฎีการยอมรับ (Davis, 1985) มาเป็นกรอบเพื่อกำหนดทิศทางการศึกษาครั้งนี้ ทั้งนี้เพื่อนำผลการศึกษาไปทบทวน วิเคราะห์ สังเคราะห์ และกำหนดเป็นมาตรการหรือแนวทางแก้ไขปัญหาการลาออกและพ้นสภาพของนักศึกษาเกษตร ตลอดจนให้ข้อเสนอเชิงนโยบายในการส่งเสริมให้มหาวิทยาลัยแม่โจ้มีการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเรียนการสอน เพื่อผลิตบัณฑิตด้านการเกษตรที่มีคุณภาพ และตอบสนองต่อนโยบายรัฐในการเพิ่มบุคลากรด้านการเกษตรที่มีคุณภาพให้แก่ประเทศ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research Methodology) และผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยไว้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สถานที่ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการที่คณะผลิตกรรมการเกษตร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (Figure 1) ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยที่มีการจัดการเรียนการสอนด้านการเกษตรและเกษตรประยุกต์ที่หลากหลาย ซึ่งได้รับการยอมรับทั้งในระดับชาติและนานาชาติ



Figure 1 Three agricultural faculties of Maejo University, Chiang Mai

ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตร 4 ปี และหลักสูตร 2 ปีเทียบเข้าเรียน ชั้นปีที่ 1 (รหัส 67) และชั้นปีที่ 2 (รหัส 66) จากคณะผลิตกรรมการเกษตร 1,461 คน คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี 594 คน และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ 326 คนรวม 2,417 คน (Office of Academic Administration and Development, 2024) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการแบบหลายขั้นตอน (multi-stage sampling) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากเงื่อนไขการเป็นนักศึกษาจากคณะด้านการเกษตรทุกสาขาวิชาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากร 2,417 คน ด้วยสูตรของ Yamane (1973) ได้กลุ่มตัวอย่างรวม 343 คน

ขั้นตอนที่ 3 สุ่มสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละคณะด้วยสูตรการเทียบสัดส่วนของ Slovin (1960) ได้กลุ่มตัวอย่างจากคณะผลิตกรรมการเกษตร 207 คน คณะ

สัตวศาสตร์และเทคโนโลยี 84 คน และคณะเทคโนโลยีการ
ประมงและทรัพยากรทางน้ำ 52 คน

ขั้นตอนที่ 4 สุ่มกลุ่มตัวอย่างจากทั้ง 3 คณะด้าน
การเกษตร โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับฉลาก
(Lokesh, 1984)

เครื่องมือในการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้แบบสัมภาษณ์ร่วมกับเทคนิคการ
อภิปรายกลุ่มเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล
ประกอบด้วยข้อคำถามปลายปิด (close-ended questions)
และปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 3 ตอน
ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ปัจจัยด้านส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ
และภูมิลำเนา ด้านวิชาการ ได้แก่ คณะที่เลือกศึกษา
สาขาวิชาที่เลือกศึกษา และวุฒิการศึกษาสูงสุด และด้าน
เศรษฐกิจสังคม ได้แก่ อาชีพบิดา อาชีพมารดา รายได้ครัวเรือน
ต่อปี และการถือครองที่ดิน

ตอนที่ 2 ปัจจัยความคาดหวังใน 3 ด้าน คือ 1) ด้าน
สถาบันการศึกษา 2) ด้านหลักสูตรทางการเกษตร และ 3)
ด้านการประกอบอาชีพในอนาคต และปัจจัยสนับสนุน
ประกอบด้วย 1) การสนับสนุนจากครอบครัว และ 2)
แรงจูงใจจากเพื่อน ซึ่งมีลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตรา
ส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ (Likert, 1967)

ตอนที่ 3 การเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้าน
การเกษตรของนักศึกษาใน 4 ด้าน คือ 1) ภาพลักษณ์ของ
สถาบัน 2) กระแสโลกทางการเกษตร 3) หลักสูตรด้าน
การเกษตร และ 4) การได้รับการยอมรับของสถาบัน มี
ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating
scale) 5 ระดับ (Likert, 1967)

อย่างไรก็ตามปัจจัยความคาดหวัง ปัจจัยสนับสนุน
และการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรของนักศึกษา
เป็นตัวแปรแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดย
กำหนดการวัดระดับและช่วงคะแนนของตัวแปร ดังนี้
1 หรือ 1.00–1.49 คะแนน = น้อยที่สุด 2 หรือ 1.50–2.49
คะแนน = น้อย 3 หรือ 2.50–3.49 คะแนน = ปานกลาง 4

หรือ 3.50–4.49 คะแนน = มาก และ 5 หรือ 4.50–5.00
คะแนน = มากที่สุด ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเที่ยงตรง
(Validity test) ของแบบสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน
เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้วยสูตรของ
Rovinelli and Hambleton (1977) ซึ่งค่าความสอดคล้อง
ไม่ควรต่ำกว่า 0.5 โดยผลการทดสอบพบค่า IOC ในภาพรวม
เท่ากับ 0.902 และการทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability
test) ด้วยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ
Cronbach (1951) ซึ่งค่าความเชื่อมั่นไม่ควรต่ำกว่า 0.7 โดย
ผลการทดสอบในภาพรวมได้ค่า Alpha Coefficient ดังนี้ 1)
ปัจจัยความคาดหวัง = 0.840 2) การสนับสนุนจาก
ครอบครัว = 0.751 3) แรงจูงใจจากเพื่อน = 0.929 และ
4) การเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตร = 0.946

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม
สำเร็จรูปทางสถิติสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์ โดย
แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ขั้นตอน ดัง
รายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิง
พรรณนา (descriptive statistics) คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ
ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยถ่วง
น้ำหนัก สำหรับข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านวิชาการ
ปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคม ปัจจัยความคาดหวัง ปัจจัย
สนับสนุน และการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตร
ของนักศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ
เชิงอนุมาน (inferential statistics) คือ การวิเคราะห์
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยวิธีเพียร์สัน (Pearson
Product-Moment Correlation) สำหรับตัวแปรในระดับ
อันตรภาค (interval) และตัวแปรในระดับอัตราส่วน
(ratio) และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยวิธี
สเปียร์แมน (The Spearman Rank Correlation) สำหรับ
ตัวแปรในระดับการวัดนามบัญญัติ (nominal) และตัวแปร
ในระดับการวัดเรียงอันดับ (ordinal)

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคม และ ปัจจัยด้านวิชาการของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 51.60) อายุเฉลี่ย 20.33 ปี โดยส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาจากคณะผลิตกรรมการเกษตร (ร้อยละ 37.19) และคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี (ร้อยละ 33.33) มีภูมิลำเนาอยู่ภาคเหนือ ในขณะที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ส่วนใหญ่มีภูมิลำเนาอยู่ภาคใต้ (ร้อยละ 32.69) (Figure 2) บิดาและมารดามีอาชีพหลักด้าน

เกษตรกรรม (ร้อยละ 39.06 และ 35.86) โดยใช้ที่ดินของตนเอง (ร้อยละ 79.59) และมีรายได้ครัวเรือนเฉลี่ย 312,152.47 บาทต่อปี สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ร้อยละ 67.36) โดยนักศึกษาคณะผลิตกรรมการเกษตร 207 คน คาดว่าจะเลือกสาขาพืชไร่มากที่สุด (ร้อยละ 42.99) คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี 84 คน คาดว่าจะเลือกสาขาโคนมโคเนื้อมากที่สุด (ร้อยละ 33.33) และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ 52 คน คาดว่าจะเลือกสาขาการประมงและนวัตกรรมการผลิตสัตว์น้ำมากที่สุด (ร้อยละ 75.00)

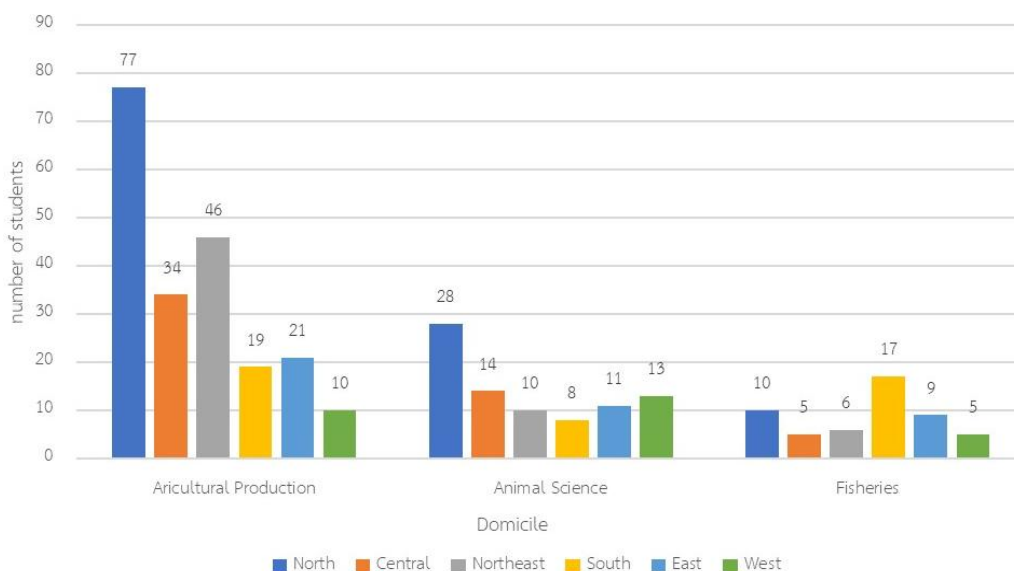


Figure 2 Number of agricultural students in each region

ตอนที่ 2 ปัจจัยความคาดหวังและปัจจัยสนับสนุนของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคาดหวังภาพรวมอยู่ในระดับ “มาก” (ค่าเฉลี่ย 4.31) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับ “มาก” เช่นเดียวกัน ได้แก่ ด้านสถาบันการศึกษา (ค่าเฉลี่ย 4.32) ด้านหลักสูตรทางการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 4.27) และด้านการประกอบอาชีพในอนาคต (ค่าเฉลี่ย 4.35) (Table 1) สำหรับ

ปัจจัยสนับสนุนประกอบไปด้วยการสนับสนุนจากครอบครัวและแรงจูงใจจากเพื่อน ผลการศึกษาพบว่า การสนับสนุนจากครอบครัวภาพรวมอยู่ในระดับ “มาก” (ค่าเฉลี่ย 3.81) โดยครอบครัวให้อิสระต่อการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.40) ในขณะที่แรงจูงใจจากเพื่อนภาพรวมอยู่ในระดับ “ปานกลาง” (ค่าเฉลี่ย 2.67) โดยแรงจูงใจสูงสุด คือ การเลือกศึกษาสาขาด้านการเกษตรตามที่เพื่อนสนิทชักชวน (ค่าเฉลี่ย 4.13) (Table 2)

Table 1 The expectation factors of the sample group

Expectation factors	\bar{x}	SD	Rating
Expectation of educational institute	4.32	0.624	High
Expectation of agricultural courses	4.27	0.669	High
Expectation of future occupation	4.35	0.675	High
Total	4.31	0.656	High

Table 2 Supporting factors of the sample group

Supporting factors	\bar{x}	SD	Rating
Family support			
Financial support	4.13	0.970	High
Family's main occupation in agriculture	3.74	1.221	High
Family support in agricultural education	4.09	1.089	High
Freedom to choose for education	4.40	0.934	High
Agricultural graduation of relatives	3.68	1.572	High
Total	3.81	0.778	High
Motivation from friends			
Motivation from close high school classmate	4.13	0.970	High
Motivation from close in high school senior	2.29	1.434	Low
Perception that classmate continue their study in agriculture	2.29	1.406	Low
Perception that neighborhood friends continue their study in agriculture	2.84	1.442	Moderate
Consultation in agricultural education with friends in the high school network	2.98	1.436	Moderate
Total	2.67	1.112	Moderate
Overall	3.24	1.890	Moderate

ตอนที่ 3 การเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตร ของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง

การเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรของกลุ่มตัวอย่างภาพรวมอยู่ในระดับ “มาก” (ค่าเฉลี่ย 4.05) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า กลุ่มตัวอย่างเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรทุกด้านอยู่ในระดับ

“มาก” เช่นเดียวกัน ได้แก่ ด้านภาพลักษณ์ของสถาบัน (ค่าเฉลี่ย 4.15) ด้านกระแสโลกด้านการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 4.04) ด้านการได้รับการยอมรับของสถาบัน (ค่าเฉลี่ย 4.03) และด้านหลักสูตรด้านการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 3.98) ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 The selection of study field in agriculture of the sample group

Selection of study field in agriculture	\bar{x}	SD	Rating
Image of the institution	4.15	0.624	High
World agricultural trends	4.04	1.029	High
Agricultural courses	3.98	0.737	High
Institutional recognition	4.03	0.795	High
Total	4.05	0.652	High

ตอนที่ 4 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง

จากผลการศึกษาพบ 6 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรในภาพรวมของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ภูมิลำเนา ($r=0.115^*$) ความคาดหวังด้านสถาบันการศึกษา ($r=0.322^{**}$) ความคาดหวังด้านหลักสูตรทางการเกษตร ($r=0.325^{**}$) ความคาดหวังด้านการประกอบอาชีพในอนาคต ($r=-0.371^{**}$) การสนับสนุนจากครอบครัว ($r=0.347^{**}$) และแรงจูงใจจากเพื่อน ($r=0.270^{**}$) โดยเมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่าตัวแปรความคาดหวังทั้ง 3 ด้าน คือ ความคาดหวังด้านสถาบันการศึกษา ด้านหลักสูตรทางการเกษตร และด้านการประกอบอาชีพในอนาคต รวมทั้งการสนับสนุนจากครอบครัว และแรงจูงใจจากเพื่อน มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรในทุกประเด็น (Table 4)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่านักศึกษาเกษตรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชายและเพศทางเลือก เป็นครอบครัวเกษตรกรรมที่ใช้พื้นที่ของตนเองทำการเกษตร โดยมีภูมิลำเนาอยู่ในภาคเหนือ เนื่องจากใกล้กับที่ตั้งของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยนักศึกษากลุ่มตัวอย่างเล่าให้ฟังว่าครอบครัวสนับสนุน

ให้ศึกษาด้านการเกษตรที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เนื่องจากมีระยะทางไม่ไกลบ้าน สามารถนั่งรถโดยสารกลับบ้านได้ ทุกสัปดาห์ และคาดหวังให้สานต่ออาชีพด้านการเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Srirattana *et al.* (2021) ที่พบว่านักศึกษาเกษตรจากมหาวิทยาลัยด้านการเกษตรภาคเหนือตอนบนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงและเป็นคนในพื้นที่ภาคเหนือ ครอบครัวประกอบอาชีพด้านการเกษตรเป็นหลัก และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับข้อมูลจาก Council of University Presidents of Thailand (2024) ที่รายงานว่าคุณสมบัติและสาขาวิชาด้านการเกษตรมีผู้นิยมศึกษามาก โดยเฉพาะมหาวิทยาลัยด้านการเกษตรของภาคเหนือตอนบน ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการสมัครเรียนในปีการศึกษา พ.ศ.2566 ลดลงก็ตาม เช่นเดียวกับ National Statistical Office (2022) ที่รายงานว่าจังหวัดเชียงใหม่มีประชากรเพศหญิงมากกว่าเพศชาย หรือร้อยละ 51.70 จากประชากรทั้งหมดในจังหวัด และประกอบอาชีพภาคการเกษตรเป็นหลัก โดยเมื่อพิจารณาถึงรายได้ครัวเรือนต่อปีของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีรายได้ครัวเรือนเฉลี่ย 312,152.47 บาทต่อปี ซึ่งสูงกว่ารายได้ครัวเรือนเฉลี่ยของประชากรทั้งหมดในจังหวัดเชียงใหม่ คือ 210,876 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 48.02 (Chiang Mai Provincial Statistical Office, 2022) ทั้งนี้ครอบครัวของกลุ่มตัวอย่างหลายรายเป็นผู้ประกอบการด้านการเกษตรรายใหญ่ ในขณะที่จำนวนหนึ่งเป็นเกษตรกรแปลงใหญ่ที่ส่งผลต่อรายได้ต่อปีที่ค่อนข้างสูง

Table 4 The analysis of correlation coefficient of the selection of study field in agriculture of Maejo University's students

Variables	Correlation coefficient of the selection of study field in agriculture (r)				
	Institute image	World agricultural trends	Agricultural courses	Institutional recognition	Total
Gender	0.051	-0.042	-0.015	-0.137*	-0.078
Age	0.007	0.006	0.021	0.056	0.027
Student's domiciled	0.130*	0.118*	0.097	0.079	0.115*
Faculty	0.884**	-0.059	-0.107*	-0.081	-0.081
Study major	0.016	-0.018	-0.036	-0.074	-0.038
Educational attainment	0.037	0.030	0.033	0.079	0.054
Expectation in educational institute	0.290**	0.192**	0.285**	0.314**	0.322**
Expectation in agricultural curriculum	0.323**	0.237**	0.253**	0.272**	0.325**
Expectation in future occupation	0.368**	0.234**	0.331*	0.318**	0.371**
Father's main occupation	0.036	0.018	0.015	0.012	0.030
Mother's main occupation	-0.022	-0.014	-0.040	-0.055	-0.037
Average annual income of family	0.107*	0.073	0.073	0.024	0.082
Land ownership	0.049	0.046	0.073	0.095	0.080
Family support	0.307**	0.204**	0.368**	0.282**	0.347**
Motivation from friends	0.160**	0.243**	0.224**	0.238**	0.270**

* significant ($p \leq 0.05$); ** highly significant ($p \leq 0.01$)

กลุ่มตัวอย่างสำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยคาดหวังจะเลือกสาขาพืชไร่ โคนมโคเนื้อ และการประมงและนวัตกรรมการผลิตสัตว์น้ำ เป็นวิชาเอกมากที่สุด ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Srirattana *et al.* (2021) ที่พบว่านักศึกษาเกษตรส่วนใหญ่มักเลือกเรียนในสาขาวิชาเอกด้านพืชศาสตร์ สัตวศาสตร์ และการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ ในขณะที่ผลการศึกษาของ Wangsay (2022) พบว่านักศึกษาเกษตรจากมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือนิยมเลือกเรียนในสาขาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ รองลงมาคือ พืชสวนและส่งเสริมการเกษตร ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับความชอบส่วนตัวและการประกอบอาชีพทางการเกษตรของครอบครัว โดยจากการสัมภาษณ์พบว่า นักศึกษาหลาย

รายตัดสินใจเลือกเรียนสาขาวิชาที่ตรงกับการประกอบอาชีพของครอบครัว เพื่อนำความรู้ไปพัฒนาและยกระดับการเกษตรกรรมของครอบครัว

การศึกษาปัจจัยความคาดหวังของกลุ่มตัวอย่างพบว่าความคาดหวังทั้ง 3 ด้าน อยู่ในระดับ “มาก” ได้แก่ ด้านสถาบันการศึกษา ด้านหลักสูตรทางการเกษตร และด้านการประกอบอาชีพในอนาคต โดยนักศึกษากลุ่มตัวอย่างกล่าวว่าเมื่อตัดสินใจเลือกเรียนในสาขาด้านการเกษตรที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้แล้ว ก็ย่อมมีความคาดหวังสูงในทุกประเด็น ซึ่งยืนยันได้จากผลการศึกษาของ Chanha *et al.* (2020) ที่พบว่านักศึกษามีความคาดหวังต่อหลักสูตรการเรียนการสอนภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะ

ในประเด็นด้านการวัดและประเมินผล และหลักสูตร/รายวิชา เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยสนับสนุนพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีการสนับสนุนจากครอบครัวภาพรวมอยู่ในระดับ “มาก” ในขณะที่มีแรงจูงใจจากเพื่อนภาพรวมอยู่ในระดับ “ปานกลาง” โดยนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างกล่าวว่าการศึกษาระดับอุดมศึกษาครอบครัวมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนด้านการเงิน และการให้คำชี้แนะในการเรียน ในขณะที่เพื่อนก็มีส่วนสำคัญในการตัดสินใจเลือกเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Isarangkun Na Ayutthaya (2023) ที่พบว่าปัจจัยสนับสนุนจากผู้ปกครอง และแรงจูงใจด้านสังคมจากเพื่อน ๆ และครอบครัว มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

การเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรของกลุ่มตัวอย่างภาพรวมอยู่ในระดับ “มาก” โดยนักศึกษากล่าวว่า ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ด้านการเกษตรเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการเลือกศึกษาที่นี้ ประกอบกับการมีหลักสูตรด้านการเกษตรที่หลากหลายตรงกับความต้องการที่จะศึกษา เช่นเดียวกับกับผลการศึกษาของ Lao-malo (2019) ที่พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้ความสำคัญมากที่สุดกับปัจจัยด้านสถาบันการศึกษา และปัจจัยด้านหลักสูตรในการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี โดยเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกศึกษาในสาขาวิชาการเกษตรพบว่า ปัจจัยความคาดหวังทั้ง 3 ด้าน การสนับสนุนจากครอบครัว และแรงจูงใจจากเพื่อน ส่งผลต่อการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรในทุกประเด็น กล่าวคือ นักเรียนนักศึกษาย่อมมีความคาดหวังสูงในการศึกษาต่อสาขาวิชาที่ตนสนใจ โดยนักศึกษากลุ่มตัวอย่างอธิบายว่า ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้และหลักสูตรด้านการเกษตรที่ได้รับการยอมรับ ส่งผลให้มีความคาดหวังสูงมากจากการเลือกเรียนในสาขาวิชาการเกษตร ประกอบกับครอบครัวสนับสนุนเต็มที่ และบางรายมีเพื่อนสนิทมาเรียนในสาขาวิชาเดียวกัน ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Chanha *et al.* (2020) และ Isarangkun Na Ayutthaya (2023) ที่พบว่าความคาดหวังต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ปัจจัย

สนับสนุนจากผู้ปกครอง แรงจูงใจด้านสังคมจากเพื่อน ๆ และครอบครัวในระดับมาก ส่งผลต่อการศึกษาในหลักสูตรที่นักศึกษาเลือกเรียนในระดับสูงเช่นเดียวกัน

ผลการศึกษาพบ 6 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ภูมิสำเนา ความคาดหวังด้านสถาบันการศึกษา ความคาดหวังด้านหลักสูตรทางการเกษตร ความคาดหวังด้านการประกอบอาชีพในอนาคต การสนับสนุนจากครอบครัว และแรงจูงใจจากเพื่อน จากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีภูมิสำเนาอยู่กระจายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ โดยเป็นเขตพื้นที่เกษตรกรรมและครอบครัวมีอาชีพหลักด้านการเกษตรกรรม จึงมีความเป็นไปได้ว่าลักษณะภูมิสำเนาดังกล่าวเป็นปัจจัยหลักสำคัญในการเลือกศึกษาวิชาการเกษตรของนักศึกษา ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Yimyong (2020) ที่พบว่าภูมิสำเนาของนักศึกษาชาวต่างชาติส่งผลต่อความคิดเห็นในการเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาในประเทศไทย โดยเฉพาะในประเด็นด้านภาพลักษณ์ของสถาบันการศึกษา นอกจากนี้ ความคาดหวังของกลุ่มตัวอย่างด้านสถาบันการศึกษาทางการเกษตร ที่มีชื่อเสียงด้านหลักสูตรด้านการเกษตรที่น่าสนใจ และด้านโอกาสในการประกอบอาชีพในอนาคต ยังส่งผลต่อการเลือกศึกษาในสาขาวิชาการเกษตรของนักศึกษา เช่นเดียวกับกับการศึกษาของ Kiniman *et al.* (2021) ที่พบว่าปัจจัยด้านภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัย ด้านหลักสูตร ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของมหาวิทยาลัย มีผลต่อการตัดสินใจศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเกษตรกรรมมหาวิทยาลัยแม่โจ้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะผลการศึกษาของ Lao-malo (2019) พบว่าการประกอบอาชีพในอนาคตที่สามารถนำความรู้ความสามารถจากการเรียนไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าครอบครัวมีส่วนสำคัญที่ให้การสนับสนุนด้านการเงินและกำลังใจ ในขณะที่เพื่อน ๆ เป็นปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญเช่นกันในการปรึกษาหารือและร่วมกันตัดสินใจเลือกศึกษาในสาขาวิชาวิชาการเกษตร

ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lao-malo (2019) ที่พบว่า การสนับสนุนของครอบครัวในทุก ๆ ด้านเกี่ยวกับการศึกษา ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Inthawee (2021) ที่พบว่า การชักจูงจากบุคคลภายนอก ได้แก่ เพื่อนร่วมรุ่น รุ่นพี่ศิษย์เก่า มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการเลือกสถาบันศึกษาเพื่อเรียนต่อในระดับอุดมศึกษา

สรุปผลการวิจัย

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มีการจัดการเรียนการสอนด้านการเกษตรใน 3 คณะ ได้แก่ คณะผลิตกรรมการเกษตร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ทั้งนี้เพื่อเป็นการตอบสนองต่อนโยบายของรัฐในการผลิตบุคลากรทางการเกษตรที่มีคุณภาพเพื่อทดแทนเกษตรกรที่กำลังลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ในปัจจุบันมหาวิทยาลัยแม่โจ้กำลังประสบปัญหา นักศึกษาเกษตรลดลงจากการลาออก การย้ายสาขาวิชา ย้ายคณะ และการผันสภาพระหว่างภาคการศึกษา ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ จึงมีเป้าหมายหลักในการศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตร ตลอดจนค้นหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 โดยผลการศึกษาพบ 6 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกศึกษาในสาขาวิชาด้านการเกษตรของนักศึกษาในภาพรวม คือ ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ ภูมิฐานะ ปัจจัยความคาดหวัง ได้แก่ ความคาดหวังด้านสถาบันการศึกษา ความคาดหวังด้านหลักสูตรทางการเกษตร และความคาดหวังด้านการประกอบอาชีพในอนาคต และปัจจัยสนับสนุน ได้แก่ การสนับสนุนจากครอบครัว และแรงจูงใจจากเพื่อน โดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้สามารถนำผลการศึกษาไปพิจารณาเพื่อทบทวนในการกำหนดนโยบายด้านการศึกษา ตลอดจนการปรับปรุงหลักสูตรให้ทันสมัย

เป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของกระแสโลกด้านการเกษตร และที่สำคัญที่สุด คือ ความสามารถในการตอบสนองความคาดหวังและความต้องการของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง โดยเฉพาะในประเด็นของหลักสูตรด้านการเกษตรที่ทันสมัย และสอดคล้องกับกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกในยุคดิจิทัล

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การสร้างภาพลักษณ์ที่ดี และการได้รับการยอมรับจากสังคมภายนอกของมหาวิทยาลัยเป็นหน้าที่หลักของผู้บริหารในระดับมหาวิทยาลัย ด้วยการให้ความสำคัญกับความคาดหวังของผู้เรียนใน 3 ประเด็น คือ ความคาดหวังด้านสถาบันการศึกษา ด้านหลักสูตรทางการเกษตร และด้านการประกอบอาชีพในอนาคต โดยอาจกำหนดเป็นนโยบายด้านภาพลักษณ์ของสถาบันหรือประเด็นยุทธศาสตร์ภายใต้แผนพัฒนามหาวิทยาลัย โดยเน้นไปที่ภาพลักษณ์ด้านหลักสูตรทางการเกษตรที่ทันสมัย ตลอดจนภาพลักษณ์ด้านการยอมรับจากสถานประกอบการและหน่วยงานภายนอกต่อบัณฑิตของมหาวิทยาลัย

2. จากผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาให้ความสำคัญไปที่หลักสูตรและกระแสโลกด้านการเกษตร ดังนั้นผู้บริหารในระดับคณะและหลักสูตรด้านการเกษตรควรมีการทบทวนเพื่อปรับปรุงหลักสูตรปัจจุบัน หรือพัฒนาหลักสูตรใหม่ที่ตอบสนองต่อความคาดหวังและความต้องการของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาหลักสูตรประยุกต์ให้มีความทันสมัยเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกระแสโลกในด้านเทคโนโลยีทางการเกษตร เช่น เทคโนโลยี AI ประยุกต์ทางการเกษตร การเป็นผู้ประกอบการในธุรกิจเกษตร เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการตอบสนองต่อประเด็นยุทธศาสตร์ภายใต้แผนพัฒนามหาวิทยาลัย และตอบสนองต่อนโยบายของรัฐในการพัฒนาบุคลากรทางการเกษตรที่มีคุณภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการทำวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี ขอบพระคุณท่านผู้บริหารทุกท่านจากคณะผลิตกรรมการเกษตร คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ และคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทุกคนที่ได้กรุณาเสียสละเวลาในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับกรวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Chanha, P., S. Thaipreecha, K. Permpoon and S. Muanpho. 2020. Expectations and satisfaction of first year students, academic year 2019 towards the teaching curriculum of Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus. **Walailak Journal of Learning Innovations** 6(1): 85–105. [in Thai]
- Chiang Mai Provincial Statistical Office. 2022. **Chiang Mai province statistical report**. Retrieved from <https://chiangmai.nso.go.th/images/s-101.pdf> [in Thai]
- Chuanchaisit, C. 2016. **Factors Affecting the Decision to Study at the Higher Education Level at the Faculty of Architecture and Urban Planning**. Mer Thesis. Thammasat University. 153 p. [in Thai]
- Chuayprakong, W. 2019. **Deciding to pursue graduate studies, Faculty of Political Science and Law Burapha University**. 98 p. *In* Research Report. Chon Buri: Faculty of Political Science and Law. [in Thai]
- Council of University Presidents of Thailand. 2024. **System for centralized personnel selection to study in higher education institutions**. Retrieved from <https://www.mycas.com/> [in Thai]
- Cronbach, L.J. 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika** 16(1951): 297–334.
- Davis, F.D. 1985. **A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results**. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1721.1/15192>
- Emasiri, S. 2018. **Decisions to Pursue a Master's Degree among Undergraduate Students at Siam University**. Master Thesis. Siam University. 78 p. [in Thai]
- Inthawee, T. 2021. Factors affecting the decision in choosing an educational institution to study at the higher education level. **Journal of Educational Innovation and Research** 5(1): 2–14. [in Thai]

- Isarangkun Na Ayutthaya, S. 2023. **Motivation influencing the decision to study at the vocational certificate level, Thonburi Commercial College.** Master Thesis. Srinakharinwirot University. 113 p. [in Thai]
- Kerdkaew, S. 2023. Factors affecting the decision to study in political science and public administration programs. Kasetsart University of Mathayom 6 students in Suphanburi province. **Journal of Political Science** 1(3): 38–48. [in Thai]
- Kiniman, K., P. Sritrakul, A. Jenjit and S. Teeravanittrakul. 2021. Factors affecting decision making on pursuing a bachelor's degree of freshmen: a case study of a university in eastern region. **Journal of Education Burapha University** 32(3): 87–102. [in Thai]
- Krajangchom, S., S. Auttarat, N. Srinurak and U. Yasai. 2016. Factors related to motivation of farmer's descendants on agricultural inheritance in Sanpatong district, Chiang Mai province. **Journal of Agriculture** 32(1): 29–38. [in Thai]
- Lao-malo, W. 2019. **Factors Affecting the Decision to Study at the Bachelor's Degree Level of Students at Khon Kaen University, Academic year 2019 through Selection Using the TCAS System.** 72 p. Research Report. Khon Kaen: Khon Kaen University. [in Thai]
- Likert, R. (1967). The Method of Constructing an Attitude Scale. pp. 90–95. In Fishbein, M. (Ed.). **Readings in Attitude Theory and Measurement.** New York: Wiley & Sons.
- Lokesh, K. 1984. **Methodology of Educational Research.** New Delhi: Vikas Publishing House Pvt. Ltd. 511 p.
- Maejo Universtity. 2024a. **University's Departments.** Retrieved from <https://www.mju.ac.th/th/organization.html> [in Thai]
- Maejo University. 2024b. **Philosophy, vision, and mission.** Retrieved from <https://www.mju.ac.th/th/Vision.html> [in Thai]
- Maslow, A.H. 1954. **Motivational and Personality.** New York: Harper and Brother. 411 p.
- Ministry of Education. 2024. **Announcement of the ministry of education regarding educational policy of the ministry of education fiscal year 2024-2025.** Retrieved from <https://moe360.blog/2023/12/06/p55122/> [in Thai]
- Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. 2023. **Annual report 2023 of the ministry of higher education, science, research and innovation.** Retrieved from <https://www.mhesi.go.th/index.php/all-media/book-ministry/10022-2566-e-book.html> [in Thai]

- National Statistical Office. 2022. **Average monthly expenses per household.** Retrieved from <https://chiangmai.nso.go.th/statistical-information-service/key-indicators-of-the-province/average-expenses-month-household.html> [in Thai]
- Office of Academic Administration and Development. 2024. **Statistical information.** Retrieved from <http://www.education.mju.ac.th/Stat/> [in Thai]
- Office of Academic Administration and Development. 2025. **Statistics on Retention and Dropout of Students in 3 Faculties of Agriculture During 2022 to 2024.** Chiang Mai: Registration Department, Maejo University. 12 p. [in Thai]
- Office of Agricultural Economics. 2024. **Agricultural economic situation in 2024.** Retrieved from <https://www.oae.go.th/view/1รายละเอียดภาวะเศรษฐกิจการเกษตร/ภาวะเศรษฐกิจการเกษตร/44554/TH-TH> [in Thai]
- Phak-Uthai, S. 2013. **Factors Affecting Youth Farmers' Decision to be a Farmer: A Case Study in Maehongson Land Reform Area.** 68 p. Research Report. Bangkok: International Cooperation Group, Office of Agricultural Land Reform. [in Thai]
- Poung-ngamchuen, J., R. Kongtanajaruanun and T. Buwjoom. 2019. Motive of agricultural occupation after graduation of students in Maejo University, Chiang Mai province, Thailand. **Journal of Humanities & Social Sciences** 17(3): 135–156. [in Thai]
- Rovinelli, R.J. and R.K. Hambleton. 1977. On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. **Tijdschrift Voor Onderwijs Research** 2(2): 49–60.
- Slovin, E. 1960. **Slovin's formula for sampling technique.** Retrieved from <https://prudencexd.weebly.com/>
- Srirattana, S., J. Poung-ngamchuen, N. Rungkawat and P. Kruekum. 2021. Components' analysis of decisions on agricultural occupation after graduation of agricultural students in upper northern Thailand. **Journal of MCU Social Science Review** 10(3): 169–183. [in Thai]
- Thailand Education Ranking. 2023. **Top 10 popular public universities 2023.** Retrieved from <https://www.thaitopu.com/> [in Thai]
- Vroom, V.H. 1964. **Work and Motivation.** New York: John Wiley & Sons. 331 p.

Wangsay, S. 2022. **Attitude towards Occupation after Graduation of Undergraduate Students: A Case Study of the Faculty of Agriculture, Chiang Mai University.** Master Thesis. Maejo University. 72 p. [in Thai]

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis.** New York: Harper International. 1130 p.

Yimyong, W. 2020. **Factors in Choosing to Study in Thai Higher Education Institutions and Travel Behavior of Foreign Students in Thailand: A Comparative Case Study between Students from ASEAN Countries and Chinese Students.** Master Thesis. Dhurakij Pundit University. 176 p. [in Thai]

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ โดยเริ่มฉบับที่ 1 ในเดือนมกราคม ฉบับที่ 2 ในเดือนพฤษภาคม และฉบับที่ 3 ในเดือนกันยายน มีจุดประสงค์หลักเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และองค์กร ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตรทั่วประเทศ โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (ISSN 2985-0118 (Online) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร เรื่องที่จะตีพิมพ์ในวารสาร นอกจากบทความวิจัยแล้ว บทความทางวิชาการอื่น ๆ ที่เป็นการแสดงความคิดเห็น หรือสมมุติฐานใหม่ที่มีหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นการแสดงความคิดเห็นอย่างกว้างขวางหรือลึกซึ้งในสาขาวิชาการใดสาขาวิชาการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร หรือเป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ก็มีสิทธิ์ได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้น ๆ อย่างน้อย 3 ท่าน พิจารณาให้ลงตีพิมพ์ได้เช่นเดียวกัน

การเตรียมต้นฉบับ

- 1. ต้นฉบับ** เผยแพร่บทความเป็นภาษาไทย โดยใช้ตัวอักษร TH Sarabun NEW ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา ในส่วนของหัวข้อเรื่อง และขนาดตัวอักษร 15 ตัวปกติ ในส่วนของเนื้อหา พิมพ์หน้าเดียว เว้นขอบทั้ง 4 ด้าน 1 นิ้ว (2.5 ซม.) พร้อมระบุเลขหน้า ความยาวของเนื้อเรื่อง รวบรวมภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิงต้องไม่เกิน 10 หน้า
- 2. ชื่อเรื่อง** ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง ขนาดตัวอักษร 18 ตัวหนา
- 3. ชื่อผู้แต่ง และสถานที่ติดต่อ** ต้องมีชื่อเต็ม-นามสกุลเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 15 ตัวหนา และระบุหน่วยงานหรือสถาบันที่สังกัด ของผู้แต่งหลักและผู้แต่งร่วมทุกคน และ E-mail address ของผู้แต่งหลักไว้ด้วย ขนาดตัวอักษร 12 ตัวปกติ
- 4. บทคัดย่อ (Abstract)** บทความวิจัย/บทความทางวิชาการอื่น ๆ จะต้องมีย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด โดยเขียนให้กะทัดรัด ตรงประเด็น และให้สาระสำคัญ
- 5. คำสำคัญ (Keywords)** ต้องมีคำสำคัญทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา อย่างละไม่เกิน 5 คำ
- 6. เนื้อเรื่อง**
 - (1) คำนำ** อธิบายความสำคัญของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัย อาจรวมการตรวจเอกสารเข้าไว้ด้วย ในการอ้างอิงเอกสารให้เขียนชื่อผู้แต่ง และปีที่ตีพิมพ์ อยู่ในวงเล็บเดียวกัน หรือเขียนชื่อผู้แต่ง แล้วเขียนปีที่ตีพิมพ์ ไว้ในวงเล็บแล้วแต่กรณี **เฉพาะภาษาอังกฤษ** ดังนี้ “.....โรคใบหงิกมีพบทั่วไปในประเทศบังคลาเทศ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ไต้หวัน ไทย (Boccardo and Milne, 1984; Ling *et al.*, 1978) ในประเทศไทยนั้น นอกจากก่อความเสียหายกับ ข้าวปลูกทั้งชนิด Japonica และ Indica (*Oryza sativa*) พันธุ์ต่างๆ แล้ว Thawat (2001) ยังพบว่า ทำความเสียหายได้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่างๆ.....”
 - (2) อุปกรณ์และวิธีการ/วิธีดำเนินการวิจัย** อธิบายเครื่องมือ พร้อมระบุวิธีการวิจัย วิธีการเก็บข้อมูล ระยะเวลาและปีที่ทำการวิจัย รวมทั้งวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ให้บรรยายโดยสรุปและไม่จำเป็นต้องระบุวิธีการที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไป
 - (3) ผลการวิจัย** ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่ให้เสนอในรูปแบบของตาราง และรูปภาพโดยสรุปหลังจากวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ทั้งนี้ **คำอธิบายและรายละเอียดต่าง ๆ ของตารางและรูปภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น** โดยมีความชัดเจน กะทัดรัด และมีหมายเลขกำกับด้านบของตารางและด้านล่างของรูปภาพ และเมื่ออ้างถึงในเนื้อหาให้ใช้คำว่า Table และ Figure
 - (4) การวิจารณ์ผล การสรุปผล และข้อเสนอแนะ** ควรวิจารณ์ผลการวิจัยพร้อมทั้งสรุปประเด็น และสาระสำคัญของงานวิจัย หรือให้ข้อเสนอแนะบนพื้นฐานของผลการวิจัย
หมายเหตุ: หน่วยวัดตามระบบต่างๆ ให้ใช้ด้วยต่อมาตรฐานในการเขียนที่กำหนดไว้ เช่น เซนติเมตร = ซม. ตารางเมตร = ตร.ม. มิลลิกรัมต่อลิตร = มก./กก. แต่ถ้าเป็นหน่วยวัดที่มีพยางค์เดียวให้ใช้คำเต็มตามปกติ เช่น เมตร กรัม ลิตร
- 7. กิตติกรรมประกาศ** เพื่อแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง รายชื่อเอกสารที่ใช้เป็นหลักในการค้นคว้าวิจัยและมีการอ้างอิงในเนื้อหา ต้องแสดงเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น
กรณีที่ยังอิงจากเอกสารภาษาไทยหรือภาษาอื่นๆ ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ โดยมีวงเล็บกำกับท้ายเอกสาร [in Thai] หรือภาษา
อื่นๆ ตามคำแนะนำวิธีการเขียน ดังนี้

การเขียนเอกสารอ้างอิง

การเขียนอ้างอิงภายในเนื้อหา

ในการอ้างอิงเอกสารให้ใช้นามสกุลผู้แต่ง และปีที่ตีพิมพ์ อยู่ในวงเล็บเดียวกัน หรือเขียนนามสกุลผู้แต่ง แล้วเขียนปีที่ตีพิมพ์
ไว้ในวงเล็บแล้วแต่กรณี โดยเป็นภาษาอังกฤษ ดังนี้

“.....โรคใบหงิกมีพบทั่วไปในประเทศบังคลาเทศ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ไต้หวัน
ไทย (Boccardo and Milne, 1984; Ling *et al.*, 1978) ในประเทศไทยนั้น นอกจากก่อความเสียหายกับข้าวปลูกทั้งชนิด
Japonica และ Indica (*Oryza sativa*) พันธุ์ต่าง ๆ แล้ว Thawat (2001) ยังพบว่า ทำความเสียหายได้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่าง
ๆ.....”

1. บทความจากวารสารวิชาการมาตรฐาน

1.1 ผู้เขียนคนเดียวหรือหลายคน

ชื่อผู้เขียนบทความคนที่ 1./ผู้เขียนบทความคนที่ 2/และ/ผู้เขียนบทความคนสุดท้าย./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร/
เลขปีที่(เลขฉบับที่):/เลขหน้า.

Koiprasert, H. and P. Niranatlumpong. 2004. Investigation of method for stainless steel welding wire as a
replacement for arc wire consumables. **Songklanakarin Journal of Science and Technology.**
27(1): 91-100. [in Thai]

Nadeem, M.Y. and M. Ibrahim. 2002. Phosphorus management in wheat-rice cropping system. **Pakistan
Journal of Soil Science.** 21(4): 21-23.

Chowdhury, M.A.H., R. Begum, M.R. Kabit and H.M. Zakir. 2002. Plant and animal residue decomposition
and transformation of S and P in soil. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 5(7): 736-739.

2. หนังสือ

2.1 ผู้เขียนคนเดียวหรือหลายคน

ชื่อผู้แต่งคนที่ 1./ผู้แต่งคนที่ 2/และผู้แต่งคนสุดท้าย./ปีที่พิมพ์./ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)/สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์./
จำนวนหน้า.

Peyachoknagu, S. 2000. **Pan Thu Vis Sa Wa Kum.** Bangkok: Kasetsart University Press. 256 p. [in Thai]

Aksornkoae, S. 1999. **Ecology and Management of Mangroves.** Bangkok: Kasetsart University Press. 198 p.

Rajeshwar, K. and J.G. Ibanez. 1997. **Environmental Electrochemistry.** San Diego: Academic Press. 327 p.

2.2 บทหนึ่งในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./น./เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง./ใน/ชื่อผู้รับผิดชอบ./ชื่อหนังสือ./รายละเอียดอื่นๆ (ถ้า
มี). //ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)/สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.

Hill, S.E. 1996. Emulsions. pp. 153-185. *In* Hall, G.M. (ed.). **Methods of Testing Protein Functionality.**
London: Chapman & Hall.

Jacober, L.F. and A.G. Rand. 1982. Biochemical of Seafood. pp. 347-365. *In* Martin, R.E., G.J. Flick, C.E. Hebard
and D.R. Ward (eds.). **Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products.** Westport: AVI Inc.

2.3 หนังสือที่มีผู้รับผิดชอบในหน้าที่เป็นผู้รวบรวม ผู้เรียบเรียง หรือบรรณาธิการ

ชื่อผู้รับผิดชอบ.//หน้าที่ได้รับผิดชอบ.// ปีที่พิมพ์.//ชื่อเรื่อง.//ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี).//สถานที่พิมพ์.//สำนักพิมพ์.//จำนวนหน้า.
Tosirichok, K. (Editor). 1994. *Karn Rak Sa Doi Sa Moon Pri*. 1st. Bangkok: Mayik Publisher. 172 p. [in Thai]
Byrappa, K. and M. Yoshimura. (eds.). 2001. *Handbook of Hydrothermal Technology*.
New Jersey: Noyes Publication. 854 p.

3. เอกสารอื่นๆ

3.1 วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง.//ปีที่พิมพ์.//ชื่อวิทยานิพนธ์.//ระดับของวิทยานิพนธ์.//ชื่อสถาบันการศึกษา.//จำนวนหน้า.
Soitongcome, P. 1987. *Tannin Extraction from Rhizophora's Bark for Retanning*. Master Thesis.
Kasetsart University. 113 p. [in Thai]
Saiklao, W. 2002. *Adaptive Bandwidth Allocation Control for Virtual Paths in Broadband Networks*.
Doctoral Dissertation. Georgia Institute of Technology. 86 p.

3.2 รายงานการประชุมวิชาการ รายงานการสัมมนา ปาฐกถา รายงานประจำปี

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่พิมพ์.//ชื่อบทความ.//น.เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง.//ใน/ชื่อการประชุม.//รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี).//ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี).//สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.
Summadee, P. and B. Leenanon. 2013. Production of Probiotic Kefir Product. p. 109-116 *In Proceedings of the 12th MJU Annual Conference (Poster)*. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]
Coates, J. 2013. Clinical Trial for Canine Degenerative Myelopathy. pp. 29-31. *In Proceedings of ACVIM Specialty Symposium (Pre-forum) 12-15 June 2013*. Seattle: American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM).

3.3 รายงานผลการวิจัย

ชื่อผู้เขียนงานวิจัย.//ปีที่พิมพ์.//ชื่องานวิจัย.//จำนวนหน้า.//ใน/รายงานผลการวิจัย.//สถานที่พิมพ์.//ชื่อหน่วยงาน.
Poooprompan, P., K. Duangsong and R. Sribaopern. 2001. *DNA fingerprinting of Thai native orchid Vanda coerulea*. 62 p. *In Research Report*. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]
Theraumpon, N. 2003. *Automatic Classification of White Blood Cells in Bone Marrow Images*. 74 p. *In Research Report*. Chiang Mai: Chiang Mai University.

3.4 บทความจากวารสาร

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่ตีพิมพ์.//ชื่อบทความ.//ชื่อวารสาร. (ชื่อเต็มของวารสาร)//ปีที่ของนิตยสาร(เล่มที่): เลขที่หน้า.//อ้างอิง.
Srinuansom, K. 2018. Half-artificial breeding of *Monopterus albus*. *Maejo Vision* 18(4): 33-37. [in Thai]

3.5 บทความจากหนังสือพิมพ์

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่ตีพิมพ์.//ชื่อบทความ.//ชื่อหนังสือพิมพ์.//เดือน/วันที่/ปี.//เลขที่หน้า.//อ้างอิง.
Manapaisam, S. 2006. Kra Sate Tra Kom Thai Nai A Na Koth. *Thai Rath*. (January 10, 2006): 7. [in Thai]

3.6 บทความออนไลน์

- มีเลข DOI (Digital Object Identifier)

ชื่อผู้เขียนบทความ.//ปีที่ตีพิมพ์.//ชื่อบทความ.//ชื่อวารสาร.// ปีที่:หน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด. <https://doi.org/xxxxxxxxxxxx>
Rodcharoen, E., N.L. Bruce and P. Pholpunthin. 2017. *Cirolana phuketensis*, a new species of marine

isopod (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) from the Andaman sea coast of Thailand. **ZooKeys** 695(2): 1-17.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.695.13771>.

- **ไม่มีเลข DOI (Digital Object Identifier)**

ชื่อผู้เขียนบทความ//ปีที่ตีพิมพ์//ชื่อบทความ//ชื่อวารสาร// ปีที่/หน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด// แหล่งที่มา//
[http://www.xxxxxxxxxx /](http://www.xxxxxxxxxx/)

Hasler, K., S. Bröring, S.W.F. Omta and H.W. Olf. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy** 69: 41-51. Retrieved from
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001>

4. แหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

ผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ//ปีที่บันทึกข้อมูล//ชื่อเรื่อง//แหล่งที่มา/ระบุแหล่งการติดต่อเครือข่าย
หรือการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล ชื่อแฟ้มข้อมูล

Maythyanon, T., N. Piriyaungroj and S. Soponarit. 2004. Novel vortex-fluidized bed combustor with two combustion chambers for rice-husk fuel. **SJST** 26(6): 875-893. Retrieved from
<http://www2.psu.ac.th/PresidentOffice/EduService/Journal/Firstpage.htm> [in Thai]

National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand**. Retrieved from <http://www.nesdb.go.th>

Singh, M. and R.P. Singh. 2001. **Siderophore producing bacteria-as potential biocontrol agents of mushroom disease**. Retrieved from [http://www.uio.no/conferences/June2000.htm# Samuels](http://www.uio.no/conferences/June2000.htm#Samuels)

Guide for Authors

Manuscripts submitted for publication should be of high academic merit and are accepted on condition that they are contributed solely to the Journal of Agricultural Research and Extension. Manuscripts, parts of which have been previously published in conference proceedings, may be accepted if they contain additional material not previously published and not currently under consideration for publication elsewhere.

Submission of a multi-authored manuscript implies the consent of all the participating authors. All manuscripts considered for publication will be peer-reviewed by at least 3 independent referees.

Submission checklist

Manuscript submission must include title page, abstract, keywords, text, tables, figures, acknowledgments, reference list and appendices (if necessary). The title page of this file should include the title of the article, full names, official name and affiliations of all authors, E-mail address, telephone and fax numbers and full postal address of the corresponding author.

Preparation and Submission of Manuscripts

Authors submitting manuscripts for consideration for publication should follow the following guidelines.

1. Manuscript texts must be written using high-quality language. For non-native English language authors, the article should be proof-read by a language specialist before it is sent to Journal.

2. Manuscript texts should not exceed than 10 pages and the combined number of figures and tables. The inclusion of more figures and tables will reduce the word allowance, and vice versa.

3. The manuscript text and tables should be created using Microsoft Word.

4. Manuscript texts should be prepared single column, with sufficient margins (1.0 inch) for editorial and proof-reader's marks. 15 pt TH Sarabun NEW font should be used throughout and all pages numbered consecutively.

5. Abstracts should not exceed than 200 words. About 5 keywords should also be provided.

6. All measures in the text should be reported in abbreviation

7. Tables and figures should each be numbered consecutively.

8. Acknowledgments should be as brief as possible, in a separate section before the references, not in the text or as footnotes.

9. Citations of published literature in the text should be given in the form of author and year in parentheses; (Hoffmann *et al.*, 2001), or, if the name forms part of a sentence, it should be followed by the year in parenthesis; Hoffmann *et al.* (2001). All references mentioned in the reference list must be cited in the text, and vice versa. The references section at the end of the manuscript should list all and only the references cited in the text in alphabetical order of the first author's surname. The following are examples of reference writing.

Reference to a journal article:

Chowdhury, M.A.H., R. Begum, M.R. Kabit and H.M. Zakir. 2002. Plant and animal residue decomposition and transformation of S and P in soil. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 5: 736-739.

Reference to article or abstract in a conference proceedings:

Coates, J. 2013. Clinical Trial for Canine Degenerative Myelopathy. pp. 29-31. **In Proceedings of ACVIM Specialty Symposium (Pre-forum) 12-15 June 2013**. Seattle: American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM).

Reference to a book:

Rajeshwar, K. and J.G. Ibanez. 1997. **Environmental Electrochemistry**. San Diego: Academic Press. 327 p.

Reference to an edited book:

Hill, S.E. 1996. Emulsions. pp. 153-185. *In* Hall, G.M. (ed.). **Methods of Testing Protein Functionality**. London: Chapman & Hall.

Reference to journal online:

Rodcharoen, E., N.L. Bruce and P. Pholpunthin. 2017. *Cirolana phuketensis*, a new species of marine isopod (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae) from the Andaman sea coast of Thailand. **ZooKeys** 695(2): 1-17. <https://doi.org/10.3897/zookeys.695.13771>.

Hasler, K., S. Bröring, S.W.F. Omta and H.W. Olf. 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy** 69: 41-51. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001>

Reference to an electronic data source (used only when unavoidable): Supplier/Database name (Database identifier or number)/Item or accession number (Access date) should be included National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand.** Retrieved from <http://www.nesdb.go.th>

10. Submission of manuscript must conform to the format of the Journal of Agricultural Research and Extension and cover letter to the editor. All should be directed to the editor at the <http://tcithaijo.org/index.php/MJUJN/index>

การส่งต้นฉบับ การตรวจสอบเบื้องต้น และการแก้ไข

1) ส่งไฟล์ต้นฉบับ ให้มีรายละเอียดครบตรงตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ และส่งพร้อมใบลงทะเบียนวารสาร โดยส่งผ่านระบบ ThaiJo ของวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร หรือลิงค์ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index> เท่านั้น

2) กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความในเบื้องต้น ในกรณีที่ต้องแก้ไขจะแจ้งให้เจ้าของบทความทำการแก้ไขก่อนนำส่งต่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาในลำดับต่อไป สำหรับบทความที่ไม่ได้รับการพิจารณาให้ดำเนินการต่อจะส่งต้นฉบับคืนให้เจ้าของบทความ

3) บทความที่ได้รับการพิจารณาจากกองบรรณาธิการให้ดำเนินการต่อ จะได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ อย่างน้อยบทความละ 3 ท่าน ที่เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้น ๆ และบทความที่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะส่งข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ พร้อมทั้งต้นฉบับให้เจ้าของบทความปรับปรุงแก้ไข

4) บทความที่ได้รับการตีพิมพ์จะมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

Honorable Consultants: President of Maejo University
Vice President (Asst. Prof. Dr. Suriyajas Techatunminasakul)
Director, The Office of Agricultural Research and Extension
Vice Director – Academic Service
The Office of Agricultural Research and Extension
Vice Director – Research Affairs
The Office of Agricultural Research and Extension
Vice Director – Administration
The Office of Agricultural Research and Extension

Editor-in Chief: Assoc. Prof. Dr. Kriangsak Sri-Ngernyuang

Associate Editor: Asst. Prof. Dr. Witchaphart Sungpalee

Assistant Editor: Asst. Prof. Dr. Sutteera Hermhuk
Dr. Chuthamat Atnaseo

Editorial Board:	Prof. Emeritus Dr. Savitree	Limtong	Kasetsart University
	Prof. Dr. Dokrak	Marod	Kasetsart University
	Prof. Dr. Uthairat	Na-Nakorn	Kasetsart University
	Prof. Dr. Alissara	Reungsang	Kasetsart University
	Prof. Dr. Chatchai	Ngernsaengsaruy	Kasetsart University
	Assoc. Prof. Dr. Pichai	Tongdeelert	Kasetsart University
	Assoc. Prof. Dr. Skorn	Koonawootrittriron	Kasetsart University
	Prof. Dr. Monchai	Duangjinda	Khon Kaen University
	Assoc. Prof. Dr. Sakkarin	Nonthapot	Khon Kaen University
	Assoc. Prof. Dr. Boonmee	Siri	Khon Kaen University
	Assoc. Prof. Dr. Pongsakorn	Suppakittpaisarn	Chiang Mai University
	Assoc. Prof. Dr. Wallratat	Intarucomporn	Chiang Mai University
	Asst. Prof. Dr. Piyawan	Suttiprapan	Chiang Mai University
	Assoc. Prof. Dr. Wipharat	Chuachud Chaiyasith	Naresuan University
	Assoc. Prof. Dr. Jaruntorn	Boonyanuphap	Naresuan University
	Assoc. Prof. Dr. Narit	Taochan	Prince of Songkla University
	Prof. Dr. Arnat	Tancho	Maejo University
	Assoc. Prof. Dr. Teeka	Yothapakdee	Maejo University
	Assoc. Prof. Dr. Siriwat	Sakhonwasee	Maejo University
	Assoc. Prof. Dr. Jukkaphong	Poungngamchuen	Maejo University
	Assoc. Prof. Dr. Doungporn	Amornlerdpison	Maejo University
	Assoc. Prof. Dr. Jongkon	Promya	Maejo University
	Asst. Prof. Dr. Kanjana	Narkprasom	Maejo University
	Asst. Prof. Dr. Sureewan	Mekkamol	Maejo University
	Asst. Prof. Dr. Piyanuch	Niamsup	Maejo University

Proofreading and Language Editing Division Mrs. Thipsuda Pookmanee Dr. Junpen Sara

Operation committee: Ms. Ranrana Kayun Ms. Ampar Sansai
Mr. Kiattisak Tasoon

Journal of Agricultural Research and Extension is a scholarly publication of the Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University. It is dedicated to the dissemination of research and academic articles in the fields of agriculture, food, health, and the environment, as well as agricultural innovation and extension. The journal is published three times per year as an online journal, with ISSN 2985-0118 (Online). All submitted manuscripts undergo a rigorous peer-review process by at least three qualified reviewers. Contact with the Journal should be address to:

The Editor, Journal of Agricultural Research and Extension
Academic Services Administration Division, Office of Agricultural Research and Extension
Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

Tel: +66-53-87-3411

E-mail: Mju_journal@gmaejo.mju.ac.th

Web site: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>



**JOURNAL OF
AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION**
Office of Agricultural Research & Extension Maejo University

Vol. 43 No. 1 January – April 2026

ISSN 2985-0118 (Online)

Effect of Plant Spacing on Growth, Yield, and Cannabidiol Content of Hemp (<i>Cannabis sativa</i> L.) Cultivars EHFGP#1 EHFGP#3, and EHFGP#8 Grown under Outdoor Conditions	
Watcharin Jantawan, Orapin Saritnum, Ravee Ganeshaborirak, Seksan Songchainthuek and Winai Wiriya-Alongkorn	1-14
Organic Kariyat (<i>Andrographis paniculata</i>) Production in Pot under Greenhouse Conditions in Southern Thailand	
Chakkrit Poonpakdee and Athip Sakunphueak	15-28
The Effects of Fertilization on Growth, Yield, and Seed Quality of Maize Grown in Suphan Buri and Nakhon Ratchasima Provinces	
Kitipat Kitsaranee, Yupa Chromkaew and Choochad Santasup	29-41
Growth, and Phytochemicals of Collard Green (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> ‘Morris Heading’) Grown in Growing Media from Transitioned-paddy Soil to Organic Paddy Soil Supplemented with Different Organic Materials	
Petcharat Promatar, Nitipat Pattanachatchai, Sunisa Yaowasakunmat, Saifon Todtasri and Nandha Sompen	42-54
Effects of Mulching, Hydrophilic Polymer, and Kaolin Foliar Application on Drought Tolerance in ‘Monthong’ Durian Seedlings	
Vimolchat Somniyam and Pattana Somniyam	55-69
Vegetation Structure and Quantitative Characteristics of <i>Thyrsostachys saimensis</i> Gamble in the Ban Krathum Thong, Wang Khoi Sub-district, Paisali District, Nakhon Sawan Province	
Nopparut Hirunkham, Penpilai Piankhit, Monthon Nosaengsri, Kritsada Phongkaranyapas and Lamthai Asanok	70-83
Diversity of Tree Species in Conservation Area and Utilization Area at Ban Hadpudai Community Forest, Lampang Province	
Kritsada Phongkaranyaphat, Lamthai Asanok, Pittayatorn Inkaew and Wannaubon Singyoocharoen	84-98
Soil Fertilities and Assessment of Carbon Storage in Oil Palm Plantations, Rubber Plantations, Home Gardens and Remnant Forest at Khlong Khanan Sub-district, Nuea Khlong District, Krabi Province	
Nattawadee Khorakha, Thanakorn Lattirasuvan, Chackapong Chaiwong, Pattaraporn Pukklay, Thanyarat Chuesaard, Sineenard Songsri and Sirirat Sukchuai	99-115
Development of a Geospatial Database for the Conservation of Biodiversity and Environmental Ecosystems in the Huai Jo Low Hill Watershed	
Orathai Mingtipon and Yotsarun Srisuk	116-132
Comparative Study of the Amount of Bioactive Compounds and Optimum Conditions for Their Extraction Using the Microwave Technique in <i>Dendrobium lindleyi</i> Steud	
Jutamas Piladee, Narin Taokaenchan, Watcharaporn Sukkhee, Geeranan Takam, Boontan Suthep and Surechon Wongparisit	133-143
A Study of Dang Chicken Supply Chain in the Upper Southern Provinces of Thailand	
Jareewan Chankong, Napapach Chuaychu-noo and Banthita Poosubme Ponathong	144-158
Development of an Intensive Native Goat Rearing Model to Enhance Production Efficiency for Vulnerable Youth in Thailand's Southern Border Provinces	
Yakoh Karemdabeh, Suhaimin Chemalee and Niramol Juntarachat	159-173
Reducing Animal Feed Costs by Black Soldier Fly Larvae (BSFL) from a Food Waste Management System under the Khok Nong Na Model in Nakhon Phanom Province	
Pachchayathan Kinnares, Pornpimon Kavansu and Tidarat Papatphong	174-186
Value-Added Composting of Corn Cobs for Environmental Solutions in Ban Kha Sub-district, Lampang Province	
Yaowatiwa Nammakhun, Pattana kayachai, Rojarej Nunta, Sujitra Pandee and Kaesanee Inai	187-200
Comparative Analysis of Air Pollution from Traditional and Organic Maize Cultivation in the Northern Thailand	
Sareeya do Amaral	201-211
Effects of Female Size and Changes in Water Quality on Egg Abandonment in Ornate Spiny Lobster (<i>Panulirus ornatus</i>) and Influence of Light and Feeding Timing on Phyllosoma Larval	
Rungtiwa Konsantad and Wasana Arkronrat	212-225
Effect of Hot-Air Drying Method on the Quality of Chili Paste from Kradang Mushroom (<i>Lentinus polychrous</i> Lev.)	
Arissara Phosanam, Juthamas Kongphapa and Kunwadee Kaewka	226-241
Hydrolysis-Enhanced Cricket (<i>Acheta domesticus</i>) Proteins with Improved Antioxidant Capacity and Inhibitory Effects on Enzymes Related to Obesity and Type 2 Diabetes	
Janjira Wanchana, Sumit Chueamchaitrakun, Kanjana Narkprasom, Papungkorn Sangsawad and Saranya Suwanangul	242-253
Factors Influencing Pesticide Usage Behavior of Cassava Farmers in Tha Khantho District, Kalasin Province	
Tanin Putiso, Supachai Sutijaroen and Orawan Srisompun	254-270
Factors Correlating the Selection of Study Field in Agriculture of Maejo University’s Students, Chiang Mai	
Kachornsak Na lampoon, Jukkaphong Pong-ngamechuen, Nakarate Rungkawat and Phutthisun Kruekum	271-285

AGRI. RESEARCH & EXTENSION JOURNAL