



IWA INTELLIGENT WELL-BEING AGRICULTURE

การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตทางการเกษตรอย่างยั่งยืนเพื่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดี

รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2567 Proceedings of MJU Annual Conference 2024

“การเกษตรสุขอัจฉริยะ”

Intelligent Well-being Agriculture (IWA)

วันที่ 19-20 ธันวาคม 2567

📍 อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
จัดโดย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้



คำนำ

บทคัดย่อการประชุมวิชาการฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2567 “การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA) ระหว่างวันที่ 19-20 ธันวาคม พ.ศ. 2567 ณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อเป็นเวทีในการนำเสนอความก้าวหน้าด้านการวิจัยในสาขาวิชาการต่าง ๆ ตลอดจนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความเคลื่อนไหวทางด้านวิชาการทั้งในปัจจุบันและอนาคต เนื้อหาของรายงานการประชุมวิชาการในเอกสารฉบับนี้เป็นผลงานวิชาการภาคบรรยาย จำนวน 15 เรื่อง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขอขอบคุณเครือข่ายสถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ ภาคประชาชน คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และคณะกรรมการฝ่ายวิชาการที่กรุณาตรวจประเมินผลงานวิชาการ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนคณะกรรมการฝ่ายเอกสารการพิมพ์ที่ดำเนินการในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิจัยของไทยและผู้สนใจทั่วไป



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล เล่าห์รอดพันธุ์)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2567

สารบัญ

	หน้า
ผลงานทางวิชาการ	
การทดลองและการถ่ายทอดการผลิตเห็ดแบบ Low Carbon ให้แก่เกษตรกร คิพร แสนมงคล ศิริพร หัสสร้างสี นฤนาท ชัยรังษี สิทธานต์ ชมภูแก้ว พัทธราภรณ์ ลีลาภิรมย์กุล สิรารัตน์ เสลา จงรัก อัมใจ ประนอม ใจอ้าย และพิรญาณ์ จันทร์เขียว	1-10
ผลของการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่ในสภาพโรงเรือน ศศิษา พิทักษ์ สิทธิพงศ์ ศรีสว่างวงศ์ วิมลรัตน์ คำขำ วีระวัฒน์ โฮมจุมจัง และสุขสำราญ สืบสำราญ	11-20
การศึกษาเทคนิคทางสถิติเพื่อใช้เป็นมาตรฐานสำหรับแปลงทดลองหญ้าหวาน วิสุทธิดา ศรีดวงโชติ และ สุพัฒน์ธณกิจ โพธิ์สว่าง	21-31
ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 สำหรับระบบให้น้ำแบบแม่นยำ ชยันต์ ภักดีไทย เนติรัฐ ชุมวรวรรณ และวัลลีย์ อมรพล	32-45
ความหลากหลายของพืชและมวลชีวภาพระหว่างหย่อมป่า ป่าฟื้นฟู และสวนหลังบ้าน ในพื้นที่บ้านสบปิ่น ตำบลห้วยโก๋น อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน อุทัย โล่ห์ทอง ธนากร ลัทธิธีระสุวรรณ ภัทราพร ผูกคล้าย ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด สุทธิดา ยอดแก้ว ศิริรัตน์ สมประโคน และณัฐวดี ข้อคำ	46-56
การศึกษาสมบัติดินบางประการทางกายภาพและความหลากหลายของพรรณไม้ ในพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน รัมภาภักดิ์ พอใจ ปิยะพิศ ขอนแก่น ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด ศิริรัตน์ สมประโคน และธนากร ลัทธิธีระสุวรรณ	57-71
การปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินนาต่างเนื้อดินที่ได้รับถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าว : กรณีศึกษาในกระถางทดลอง วุฒิ ศิริวิชัย พัทธี แสนจันทร์ พญกษา หล้าวงษา ดวงสมร ตูลาพิทักษ์ และกุลธิดา ดอนอยู่ไพร	72-87

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลของการใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อ ทองเลียน บัวจุม บัวเรียม มณีวรรณ สโรชา ยะแสง อภิญา บัญบรรลุ จุฑารัตน์ อร่ามฤทัยกุลพนา อรทัย เหล่ฮู้ดี และสรชัย ธนชัยโสภณ	88-98
การศึกษาการเพาะฟักและอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์สองประชากรระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกันใน ระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิดตันแบบเกษตรอัจฉริยะบนระบบไอโอที (IoT) ณรงค์ชัย สงวนศรี วชิระ เกตุเพชร สานนท์ น้อยชื่น ศิวศักดิ์ กิตติสาย ประสาน พรโสภณ ธนัช ศิริศึกษา และวรจักร เมืองใจ	99-110
การศึกษาเบื้องต้นการนำเหง้าคาททะเล (<i>Enhalus coroides</i>) จากขยะทะเลมาฟื้นฟู เพื่อชุมชนประมงพื้นบ้าน สุรศักดิ์ ชูทอง สุวรรณษา ชูเชิด วัฒนา ณ นคร ธงชัย นิธิรัฐสุวรรณ พรเทพ วิรัชวงศ์ สุพรรณพันธ์ โลหะลักษณาเดช นัฏฐา คเชนทร์ภักดี และจันทร์สว่าง งามผ่องใส	111-121
การพัฒนากระบวนการผลิตถั่วเหลืองหมักอย่างง่ายในระดับกึ่งอุตสาหกรรม นที จันทร์ดวง ไพโรจน์ วงศ์พุดธิสิน และปิยะนุช เนียมทรัพย์	122-133
แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงมูลนิธิต้องการหลวงสู่เชิงพาณิชย์ วชิระ เกตุเพชร นิตยา มหาไชยวงศ์ วารุณี สุริยะ ศศิเทพ ชัยชม สุนิสา แฉวถาทำ วรรณ ดอนชัย วาสนา เพทัย สาริศา เมฆมงคล นพวรรณ ต่อเรืองวัฒนา สุพรรณณี เมืองมา รัชฎาภรณ์ ลีนฤชัย สรिता ปิ่นมณี และรัตญา ยานะพันธุ์	134-149
รูปแบบทำเรือชุมชนเกาะเกร็ดเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวและวิถีชีวิตชุมชน วิษุทธิ์ ชูเดช ชลิตา บุญพล อภิญา ศรีคำ และปฏิพล ยอดสุรางค์	150-159
การออกแบบพื้นที่เชื่อมโยงชุมชนริมน้ำและชุมชนใหม่: กรณีศึกษาแนวทางการฟื้นฟูวิถีชีวิตริมคลองอ้อมนนท์ บริเวณวัดศรีราษฎร์ จังหวัดนนทบุรี พิมพ์ลภา ลักขณานุกูล มนจิรา เกณวียง รัชช ทรุยานนท์ และ ปฏิพล ยอดสุรางค์	160-168

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
นวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด -19 สมฤดี วงษ์วิริยะกุล ผานิตย์ นาขยัน สมคิด แก้วทิพย์ ประมินทร์ นาระทะ	169-178

ภาคผนวก	179
---------	-----

การทดลองและการถ่ายทอดการผลิตเห็ดแบบ Low Carbon ให้แก่เกษตรกร Experimenting and Transferring Low-Carbon Mushroom Production to the Farmers

ศิวพร แสนมงคล¹ ศิริพร หัสสร้างสี¹ นฤนาท ชัยรังษี¹ สิทธินันต์ ชมภูแก้ว¹ พัชรภรณ์ ลีลาภิรมย์กุล¹
สิรารัตน์ เสภา¹ จงรัก อิมใจ¹ ประพนม ใจอ้าย¹ และพิรญาณ์ จันทร์เขียว²
Sivapon Saenmongkhon^{1*}, Siriporn Hassarangsee¹, Naruenat Chairungsee¹, Sidtan Chompookaew¹
Pacharaporn Leelapiromkul¹, Sirarat Sela¹, Chongrak Imchai¹, Pranom Chaiai¹ and Phiraya Chankhiao²

¹สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 เชียงใหม่ 50100

²ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เชียงใหม่ 50100

¹Office of Agricultural Research and Development, Region 1 Chiang Mai, Thailand 50100

²Huai Hong Khrai Royal Development Study Centre, Chiang Mai, Thailand 50100

*Corresponding author: pon-smil999@hotmail.com

Abstract

Mushroom cultivation is a way to utilize leftover materials and generate income for farmers. The Office of Agricultural Research and Development, Region 1 (OARD1), has recognized the importance of this agricultural activity, which led to the study being conducted based on technologies from the Department of Agriculture (DOA). The objectives of this study were to test and demonstrate the suitable practices for mushroom cultivation in the area, alternative substrates, and the transfer of appropriate practices to farmers through the Learning Center in Huai Hong Khrai Royal Development Study Centre via training and knowledge transfer. During 2009-2013, economic mushrooms were tested to determine suitable types and cultivation periods. It was found that mushrooms grown in the area had different suitable periods for cultivation throughout the year, namely Hungarian oyster mushrooms, Bhutanese oyster mushrooms, abalone mushrooms, wood ear mushrooms, and lingzhi mushrooms. The suitable cultivation period for these mushrooms ranged from May to September. For shiitake mushrooms, the suitable period for cultivation was from October to February. For white log mushrooms, the suitable period for cultivation spanned from March to October. For monkey head mushrooms, the suitable period for cultivation was from July to November. The suitable materials for cost reduction included a mixture of rubberwood sawdust and rain tree wood (1:1). The highest net income, ranging from 15,000-43,000 Baht per batch per greenhouse (capacity of 2,000 bags), was generated from Bhutanese oyster mushrooms. Since 2014, the appropriate technologies have been transferred and tested by outstanding farmers. Between 2018 and 2022, technology training and

transferring activities expanded to 27,122 visitors and 5,780 trainees. Moreover, the agricultural wastes produced during integrated farming with mushroom cultivation were fully utilized. From this practice, the production cost within the farm decreased by 26,284 Baht per rai per year. Carbon dioxide emissions from the activities within the farm were reduced by 1,984 kg CO₂ per rai per year.

Keywords: mushroom cultivation, economic mushrooms, mushroom substrate, zero waste low carbon

บทคัดย่อ

การเพาะเห็ดเป็นการนำวัสดุที่เหลือใช้ในพื้นที่มาใช้ประโยชน์และสร้างรายได้แก่เกษตรกร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 ได้เล็งเห็นความสำคัญของกิจกรรมการเกษตรนี้ จึงได้นำเทคโนโลยีการผลิตเห็ดของกรมวิชาการเกษตรมาทดสอบและสาธิตในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและสาธิตการเพาะเห็ดให้เหมาะสมกับสภาพภูมิสังคม และการใช้วัสดุทดแทนซีลี้อย่างพารา ถ่ายทอดองค์ความรู้ และขยายผลนวัตกรรมการผลิตเห็ดที่เหมาะสมกับสภาพภูมิสังคมสู่เกษตรกร กลุ่มเกษตรกรและผู้สนใจทำการทดสอบและสาธิตการเพาะเห็ดเศรษฐกิจชนิดต่าง ๆ ในพื้นที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2556 พบว่า เห็ดมีช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเพาะแตกต่างกันในรอบปี คือ เห็ดนางรมฮังการี เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดหูหนู และเห็ดหลินจือ ช่วงเวลาเพาะที่เหมาะสมคือ เดือนพฤษภาคมถึงกันยายน เห็ดหอม ช่วงเพาะที่เหมาะสมคือ เดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ เห็ดขอนขาว ช่วงเพาะที่เหมาะสมคือ เดือนมีนาคมถึงตุลาคม และเห็ดหัวลิง ช่วงเพาะที่เหมาะสมคือ เดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน วัสดุเพาะในท้องถิ่นที่เหมาะสมในการเพาะเพื่อลดต้นทุน คือ ส่วนผสมของซีลี้อย่างพารากับไม้จามจุรี (1:1) การเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานมีรายได้สุทธิสูงสุด คือ 15,000-43,000 บาทต่อรุ่นต่อโรงเรือน (ขนาดความจุ 2,000 ถัง) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 เป็นต้นมามีการทดสอบในแปลงเกษตรกรต้นแบบ ต่อมาในปี พ.ศ. 2561-2565 มีการขยายผลโดยการฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้ไปสู่เกษตรกรและผู้สนใจ ผู้เข้าศึกษาดูงาน จำนวน 27,122 ราย ผู้เข้ารับการฝึกอบรมอาชีพ การเพาะเห็ดเศรษฐกิจจำนวน 5,780 ราย นอกจากนี้ เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรภายในแปลงเกษตรผสมผสานที่มีการเพาะเห็ด ยังถูกนำมาหมุนเวียนใช้ในกิจกรรมทางการเกษตร ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในฟาร์มได้ 26,284 บาทต่อไร่ต่อปี และลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ 1,984 กก. CO₂ ต่อไร่ต่อปี

คำสำคัญ: การเพาะเห็ด เห็ดเศรษฐกิจ วัสดุเพาะเห็ด ขยะเป็นศูนย์ คาร์บอนต่ำ

คำนำ

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 ได้สนองแนวพระราชดำริ ทางด้านพัฒนาอาชีพเกษตรกรโดยเฉพาะงานศึกษาวิจัยการเพาะเห็ดเพื่อช่วยพัฒนาอาชีพและความเป็นอยู่ของเกษตรกรให้ดีขึ้น ได้รับอาหารที่มีคุณค่า ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ สามารถช่วยเหลือตนเองได้ โดยไม่ทำลายธรรมชาติและจากแนวคิดลดการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ และลดขยะให้เป็นศูนย์ จึงได้ศึกษาวิจัยการเพาะเห็ดในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และดำเนินงานมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน การดำเนินการแต่ละช่วงเวลาที่ผ่านมานี้ ได้นำเทคโนโลยีกรมวิชาการเกษตรไปทดสอบและสาธิตการเพาะเห็ดให้เหมาะสมกับสภาพภูมิสังคม ถ่ายทอดองค์ความรู้ และขยายผลนวัตกรรมการผลิตเห็ดที่เหมาะสมกับสภาพภูมิสังคมสู่เกษตรกรและผู้สนใจ ให้สามารถลดรายจ่าย ยกระดับรายได้ และนำไปสู่การผลิตได้อย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการดำเนินงานและขั้นตอนการปฏิบัติงาน

การทดสอบช่วงเวลาการผลิตเห็ดเศรษฐกิจที่เหมาะสมในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ในปี พ.ศ. 2552-2553 ทดสอบและสาธิตการผลิตเห็ด 8 ชนิด ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ได้แก่ เห็ดหอม เห็ดนางรม ฮังการี เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดขอนขาว เห็ดหูหนู เห็ดหลินจือ และเห็ดหัวลิง ทดสอบการเพาะเห็ดปีละ 3 รุ่น (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) บันทึกข้อมูลช่วงเวลาที่เหมาะสมในการให้ผลผลิต ผลผลิตของเห็ดแต่ละชนิด และรายได้ และผลตอบแทนจากการผลิตเห็ด

การใช้วัสดุท้องถิ่นทดแทนเชื้อเลี้ยงไม้ม่างพาราในการเพาะเห็ดหอม

ในปี พ.ศ. 2554-2556 ดำเนินการทดสอบในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ฯ โดยผสมวัสดุเพาะเห็ดหอมจากเชื้อเลี้ยงไม้ม่างพาราและเชื้อเลี้ยงไม้ม่างพาราอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 นำวัสดุเพาะในแต่ละอัตราส่วนมาผสมกับรำละเอียด : แปะข้าวเหนียว : ปลายข้าว : น้ำตาลทรายแดง : ดิเกลลีโอ : ยิปซัม : ปูนขาว : แคลเซียม ในอัตราส่วน 5:1:2:2:0.2:1:1:1 คลุกเคล้าส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใช้น้ำปรับความชื้นให้ได้ 50-60 เปอร์เซ็นต์ บรรจุใส่ถุงน้ำหนัก 800 กรัม ดำเนินการเปรียบเทียบอัตราส่วนละ 100 ถุง บันทึกข้อมูลเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยและการให้ผลผลิตเห็ดหอมในวัสดุเพาะที่มีอัตราส่วนของเชื้อเลี้ยงไม้ม่างพาราต่อเชื้อเลี้ยงไม้ม่างพาราในระดับ ที่ต่างกัน จากนั้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 เป็นต้นมา ได้ให้เกษตรกรต้นแบบนำวิธีการเพาะเห็ดโดยใช้เชื้อเลี้ยงไม้ม่างพาราไปใช้จริงในพื้นที่สวนเกษตรผสมผสานขนาด 5 ไร่ ซึ่งปลูกไม้ผล พืชสมุนไพร และเพาะเห็ด บันทึกข้อมูลต้นทุนการผลิตของวิธีการผลิตเห็ดที่ได้รับคำแนะนำเปรียบเทียบกับวิธีการที่เกษตรกรผลิตแบบดั้งเดิม รวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศโดยอ้างอิงการคำนวณจาก Singkarotai and Wongsorn (2021)

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเห็ดเศรษฐกิจ

การขับเคลื่อนเทคโนโลยีการผลิตเห็ดของกรมวิชาการเกษตรไปสู่การใช้ประโยชน์ของเกษตรกรและผู้สนใจ เพื่อลดต้นทุน เพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเห็ดอย่างเหมาะสมกับสภาพภูมิสังคมของเกษตรกร ได้ดำเนินการผ่าน ศูนย์ศึกษาฯ โดยการฝึกอบรมเกษตรกรและผู้สนใจ และการบริการรับคำแนะนำศึกษาดูงาน บันทึกข้อมูลผู้เข้ารับบริการ ทั้ง 2 ด้าน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2565

ผลการวิจัย

การทดสอบช่วงเวลาการผลิตเห็ดเศรษฐกิจที่เหมาะสมในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ในการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดเศรษฐกิจแต่ละชนิดได้ผลดังนี้ ฤดูกาลที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดหอม คือ เดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์ ที่มีอุณหภูมิ 20-28 องศาเซลเซียส เห็ดนางรมฮังการี เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดเป๋าฮื้อ และเห็ดหูหนู เพาะได้ดีในเดือนพฤษภาคม-กันยายน อุณหภูมิ 20-32 องศาเซลเซียส เห็ดขอนขาว เพาะได้ดีในช่วงอากาศร้อน ในเดือนมีนาคม-ตุลาคม อุณหภูมิ 30-37 องศาเซลเซียส เห็ดหลินจือ เพาะได้ดีในเดือนพฤษภาคม-กันยายน อุณหภูมิ 26-28 องศาเซลเซียส ส่วนเห็ดหัวลิง เพาะได้ดีในเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน อุณหภูมิ 15-28 องศาเซลเซียส

ผลผลิตและผลตอบแทนขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ด เห็ดที่เพาะแล้วให้รายได้สุทธิมากที่สุด คือ เห็ดนางฟ้าภูฐาน ซึ่งเพาะแล้วมีรายได้สุทธิ 15,000-43,000 บาทต่อรุ่นต่อโรงเรือน สูงกว่าการเพาะเห็ดชนิดอื่น ๆ (Table 1)

Table 1 Production cost and the returns of mushroom cultivation in mushroom house prototype, Huai Hong Khrai Royal Development Study Centre during 2011-2012

Mushroom Types	Capacity (bags/batch)	Yield (kg/batch /house)	Mushroom Price (Baht/kg)	Cost (Baht/batch /house)	Net Income (Baht/batch /house)
1. Shiitake	1,000	120 (fresh)	150-180	8,000	10,000-13,600
2. Hungarian Oyster Mushroom	2,000	520 (fresh)	35-50	13,000	5,200-13,000
3. Bhutanese Oyster Mushroom	2,000	700 (fresh)	40-80	13,000	15,000-43,000
4. Abalone Mushroom	2,000	400 (fresh)	60-80 (fresh)	16,000	8,000-16,000
5. White log mushroom	2,000	220 (fresh)	80-100 (fresh)	16,000	1,600-6,000
6. Wood ear mushroom	1,000	380 (fresh)	40-60	7,000	8,200-15,800

Table 1 (Continued)

Mushroom Types	Capacity (bags/batch)	Yield (kg/batch /house)	Mushroom Price (Baht/kg)	Cost (Baht/batch /house)	Net Income (Baht/batch /house)
7. Ling zhi mushroom	2,000	70 (fresh) 15 (dry)	1,800-2,000 (dry)	14,000	13,000-16,000
8. Monkey head mushroom	2,000	200 (fresh) 20 (dry)	1,000-1,500 (dry)	14,000	6,000-16,000

mushroom house width 4 m x length 6 m x height 2.5 m

การใช้วัสดุท้องถิ่นทดแทนเชื้อเพลิงไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดหอม

การใช้เชื้อเพลิงไม้จามจุรี 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นวัสดุเพาะเห็ดหอม มีระยะเวลาการเจริญทางเส้นใยของเห็ด 66 วัน ซึ่งนานกว่าการใช้วัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของเชื้อเพลิงไม้จามจุรีในอัตรา 75, 50, 25 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้เวลา 61 วัน ระยะเวลาการให้ผลผลิตของเห็ดหอมนาน 90-120 วัน การผสมเชื้อเพลิงไม้จามจุรีในวัสดุเพาะเชื้อเพลิงไม้ยางพารา ในอัตราส่วน 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิต (110 กรัมต่อถุง) ใกล้เคียงกับการใช้เชื้อเพลิงไม้ยางพารา 100 เปอร์เซ็นต์ (120 กรัมต่อถุง) การใช้วัสดุเพาะจากเชื้อเพลิงไม้จามจุรีอัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเชื้อเพลิงไม้ยางพารา อัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ ในการเพาะเห็ดหอม นอกจากจะได้ผลผลิตดีแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนได้อีกด้วย (Hassarangsee *et al.*, 2012)

Table 2 Mycelial growth and yield of shiitake mushroom growing in various proportion of para rubber sawdust and rain tree sawdust substrate, Huai Hong Khrai Royal Development Study Centre during 2011-2012

Rain tree sawdust : Para rubber sawdust (wt/wt)	Mycelial growth (day)	Yielding period (day)	Average yield (g/bag)
100 : 00	66	90	80
075 : 25	61	90	100
050 : 50	61	90	110
025 : 75	61	90	110
000 : 100	61	120	120

เมื่อเกษตรกรต้นแบบได้นำเทคโนโลยีจากกรมวิชาการเกษตรไปใช้ในการผลิตเห็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เชื้อเพลิงไม้ท้องถิ่นทดแทนเชื้อเพลิงไม้ยางพารา ร่วมกับการหมุนเวียนทรัพยากรภายในฟาร์ม คือ การลดการขนส่งเชื้อเพลิงจากพื้นที่ทางไกลมาผลิตก่อนเห็ด สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ เมื่อก่อนเห็ดที่เก็บเกี่ยวผลผลิต

หมดแล้ว นำไปใช้ในการปรับปรุงดินในภายในสวนเกษตรผสมผสานของเกษตรกรและลดการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้ช่วยปรับปรุงสภาพดินและเพิ่มธาตุอาหารในพื้นที่ ต้นไม้ผลและพืชล้มลุกในสวนให้ผลผลิตเป็นรายได้แก่เกษตรกร และกิ่งที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งต้นไม้ในสวน สามารถนำมาใช้เป็นฟืนในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด พบว่า โดยภาพรวมของระบบการผลิตของเกษตรกร สามารถลดต้นทุนในการผลิตภายในฟาร์มได้ 26,284 บาทต่อไร่ต่อปี (Table 3) (Hassarangsee *et al.*, 2020) และลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ 1,984 kg CO₂ ต่อไร่ต่อปี (Table 4)

Table 3 Cost reduction in outstanding farmer's farm

Activities	Production model		Production Cost (Baht/rai/year)		
	Recommended	Conventional	Recommended	Conventional	Cost
	Technologies from DOA	Model	Technologies from DOA	Model	Reduction
1. Mushroom substrate	Local wood sawdust ²	Para rubber sawdust ¹	7,200	21,000	13,800
2. Fertilizer	Spent mushroom substrate	Organic and chemical fertilizer ³	0	10,984	10,984
3. Fuel for mushroom substrate sterilization	Fuel from the tree pruning within farm	Fuel from out source ⁴	0	1,500	1,500
Total			7,200	33,484	26,284

Farmer's production area 5 rais

¹calculated from para rubber sawdust: 36 tons per year

²calculated from local wood sawdust: 36 tons per year

³calculated from organic fertilizer requirement 5 tons/year, chemical fertilizers 46-0-0 800 kg/year and 15-15-15 800 kg/year

⁴cost of fuel for substrate sterilization 3 tons/year

Table 4 Carbon dioxide emission from agricultural activities in outstanding farmer's farm

Activities	Production model		Carbon dioxide emission (kg CO ₂ /rai/year)		
	Recommended Technologies from DOA	Conventional Model	Recommended Technologies from DOA	Conventional Model	Reduction of Carbon dioxide emission
1. Mushroom substrate	Local wood sawdust ¹	Para rubber sawdust ²	22	1,214	1,192
2. Fertilizer	Spent mushroom substrate	Organic and chemical fertilizers ³	110	880	770
3. Fuel for mushroom substrate sterilization	Fuel from the tree pruning within farm	Fuel from out source ⁴	0	22	22
Total			132	2,116	1,984

Farmer's production area 5 rais

¹Calculated from local wood sawdust: 36 tons per year, transferring round-trip distance 66 km (Amphoe San Kampaeng, Chiang Mai- Amphoe Doi Saket, Chiang Mai)

²Calculated from para rubber sawdust: 36 tons per year, transferring round-trip distance 3,686 km (Chiang Mai-Yala)

³Calculated from organic fertilizer requirement 5 tons/year, chemical fertilizers 46-0-0 800 kg/year and 15-15-15 800 kg/year

⁴Calculated from CO₂ emission from fuel (for mushroom substrate sterilization) transportation: 3 tons per year, transferring round-trip distance 66 km (Amphoe San Kampaeng, Chiang Mai- Amphoe Doi Saket, Chiang Mai), using diesel gasoline

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเห็ดเศรษฐกิจ

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2565 ผู้เข้าอบรมด้านอาชีพการเพาะเห็ดเศรษฐกิจ ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีจำนวนทั้งสิ้น 5,780 ราย การบริการรับคณะศึกษาดูงานและมีผู้เข้าเยี่ยมชม ศึกษาดูงาน มีทั้งบุคคลสำคัญจากในและต่างประเทศ เกษตรกร นักเรียน นักศึกษา บุคลากรจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน รวมทั้งผู้ที่สนใจทั่วไป จำนวนทั้งสิ้น 27,122 ราย (Table 5)

Table 5 Visitors and trainees for the economic mushroom cultivation course, Huai Hong Khrai Royal Development Study Centre during 2018-2022

Year	No. of trainees		No. of visitors	
	Group	Persons	Group	Persons
2018	30	2,593	206	13,029
2019	35	1,985	115	9,016
2020	14	452	32	4,467
2021	12	270	11	140
2022	13	480	22	470
Total	104	5,780	386	27,122

วิจารณ์ผลการวิจัย

ช่วงเวลาการผลิตเห็ดเศรษฐกิจที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสงของแต่ละฤดูกาล ในการศึกษาการเพาะเห็ดแต่ละชนิดให้มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำรินั้น จึงนับว่ามีความจำเป็นและสอดคล้องกับการศึกษาของ Nongthombam *et al.* (2021) และ Thakur (2014) เพื่อจะได้เป็นข้อมูลสนับสนุนให้เกษตรกรเลือกเพาะเห็ดที่มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเลือกใช้วัสดุเพาะเห็ด มีรายงานการนำวัสดุทางการเกษตรในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ได้หลายชนิด เพื่อเป็นทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าวัสดุเกษตรเหลือใช้ในพื้นที่ให้เหมาะสมกับชนิดของเห็ดที่จะนำมาเพาะ ในการวิจัยนี้เป็นการนำขี้เลื่อยไม้จามจุรีมาใช้ในการเพาะเห็ดหอม ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Suwannarach *et al.* (2022) การใช้ทรัพยากรในพื้นที่หมุนเวียนเพื่อเป็นประโยชน์กับกิจกรรมอื่น ๆ เช่น เศษกิ่งไม้ที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งต้นไม้ผลถูกนำมาใช้เป็นฟืนสำหรับการผลิตเห็ดเศรษฐกิจ ก้อนเชื้อเห็ดที่เก็บผลผลิตแล้ว นำมาใช้ในการปรับปรุงดินในสวน เพิ่มธาตุอาหารในดินจากสารอาหารที่ยังคงเหลืออยู่ในก้อนเห็ดเก่า เช่น แคลเซียม ไนโตรเจน ฯลฯ มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Hanafi *et al.* (2018); Higgins *et al.* (2017); Rinker (2017) เกิดเป็นวงจรของการเกื้อกูลกันของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในฟาร์ม ทำให้ระบบของฟาร์มเกษตรกรรมมีขยะเป็นศูนย์ (Zero waste) ช่วยลดรายจ่ายจากเดิมได้มาก และปรับเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ ซึ่งเป็นเรื่องที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเป็นอันดับต้น ๆ ของการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ (Crops for the Future and Greenhouse Gas Management in Agricultural Sector Research and Development Division, 2024)

สรุปผลการวิจัย

ช่วงเวลาการผลิตเห็ดเศรษฐกิจที่เหมาะสมในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เห็ดหอม เพาะได้ดีช่วงเดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์ เห็ดนางรมฮังการี เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดเป๋าฮื้อ และเห็ดหูหนู เพาะได้ดีช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน เห็ดขอนขาว เพาะได้ดีช่วงเดือนมีนาคม-ตุลาคม เห็ดหลินจือ เพาะได้ดีช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน ส่วนเห็ดหัวลิง เพาะได้ดีช่วงเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน โดยที่เห็ดนางฟ้าภูฐาน เพาะแล้วมีรายได้สุทธิ 15,000-43,000 บาทต่อรุ่นต่อโรงเรือน สูงกว่าการเพาะเห็ดชนิดอื่น ๆ

การใช้วัสดุท้องถิ่นทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดหอม วัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อยไม้จามจุรี ต่อขี้เลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วน 1:1 ให้ผลผลิตเห็ดหอมใกล้เคียงกับการใช้วัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา และลดต้นทุนการผลิตภายในฟาร์มเกษตรผสมผสานที่มีการเพาะเห็ดได้ 26,284 บาทต่อไร่ต่อปี และลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ 1,984 kg CO₂ ต่อไร่ต่อปี

การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการขยายผล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2565 มีผู้เข้าเยี่ยมชมและศึกษาดูงานการเพาะเห็ดรวม 27,122 ราย และมีผู้รับการอบรมด้านอาชีพการเพาะเห็ด รวม 5,780 ราย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดีจากงานศึกษาและพัฒนาการปลูกพืช งานขยายผล ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ได้ให้ข้อมูลสนับสนุนจนโครงการนี้แล้วเสร็จ ขอขอบคุณนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ได้ให้สนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ และคำแนะนำ ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Crops for the Future and Greenhouse Gas Management in Agricultural Sector Research and Development Division. 2024. **76 Provinces 76 Models: High Value and Safe Agricultural Products.** Bangkok: Department of Agriculture. 152 p. [in Thai]
- Hassarangsee, S., P. Leelapiromkul, C. Choeng-aksorn, A. Uppamalee and N. Chankeaw. 2012. Oyster mushroom cultivation by local sawdust. **HedThai** (2012): 31-42. [in Thai]

- Hassarangsee, S., S. Sangpataranate, P. Leelapiromkul, N. Chairungsee, P. Sripinta and P. Chaiai. 2020. Cost reduction, income improvement and standard level enhancement of mushroom cultivation process in the vicinity of Huai Hong Khrai Royal Development Study Centre, Doi Saket district, Chiang Mai province. **Research and Development Journal** 21(1): 3-9. [in Thai]
- Higgins, C., H. Margot, S. Warnquist, E. Obeysekare and K. Mehta. 2017. Mushroom Cultivation in the Developing World: A Comparison of Cultivation Technologies. **2017 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)**. California: IEEE 7 p. doi:10.1109/ghtc.2017.8239314
- Nongthombam, J., A. Kumar, B. Ladli, M. Madhushekhar and S. Patidar. 2021. A review on study of growth and cultivation of oyster mushroom. **Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology** 22(5&6): 55-65.
- Office of the Royal Development Projects Board (ORDPB). 2018. **The History of the Royal Development Study Centres**. 2nd edition. Bangkok: Aroon Printing. 176 p. [in Thai]
- Office of the National Economic and Social Development Council (NESDC). 1996. Thai Majesty the King: leading Thai to sustainable development. **Social and Economic Journal** 33: 22-38. [in Thai]
- Singkarotai, R. and C. Wongsorn. 2021. **Provincial Guidebook for Greenhouse Gases Emission Calculation**. Bangkok: Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 71 p. [in Thai]
- Suwannarach, N., J. Kumla, Y. Zhao and P. Kakumyan. 2022. Impact of cultivation substrate and microbial community on improving mushroom productivity: a review. **Biology** 11(2022): 569. [Online]. Available <https://doi.org/10.3390/biology11040569>.
- Thakur, M.P. 2014. Present status and future prospects of tropical mushroom cultivation in India: a review. **Indian Phytopath** 67(2): 113-125.

ผลของการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่ในสภาพโรงเรือน Effects of fertilizer management on yield and seed quality of cherry tomatoes under greenhouse conditions.

ศศิษา พัทธ์ชัย^{1*} สิทธิพงษ์ ศรีสว่างวงศ์¹ วิมลรัตน์ คำขำ¹ วีระวัฒน์ โหมจุมจัง¹

และสุขสำราญ สืบสำราญ¹

Salisa Pituk^{1*} Sittipong Srisawangwong¹ Wimonrat Dumkum¹ Weerawat Homjumjung¹

Suksumran Subsumran¹

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชขอนแก่น ขอนแก่น 40260

¹ Khonkaen Seed Research and Development Center, Khonkaen, 40260

*Corresponding author : salisapituk@gmail.com

Abstract

This study examines the effects of fertilizer management on the growth, yield, and seed quality of cherry tomatoes under greenhouse conditions using a Randomized Complete Block Design (RCBD) trial. Five fertilizer methods were tested, each with 4 replications and 14 plants per treatment. Method 1 involved applying fertilizer as recommended by the Department of Agriculture: chemical fertilizer 15-15-15 at 30 kg/rai at transplanting, followed by 12-24-12 at 30 kg/rai every 15 days, and 13-13-21 at 30 kg/rai every 20–30 days when the fruit was fully developed before changing color. Method 2 used the same fertilizers but with 13-13-21 applied at 20 kg/rai every 20–30 days. Method 3 applied slow-release fertilizer (IBDU) 20-5-8 at a rate of 20 g N per plant, split into 8 g at transplanting and 12 g 30 days later. Method 4 applied 13-13-21 at 50 kg/rai at 30 and 60 days and 100 kg/rai at 90 and 120 days, divided into two applications. Method 5 used a water-soluble fertilizer for tomatoes. The results from an open greenhouse system showed that methods 1, 2, and 3 produced significantly greater plant height, stem size, number of flowers per panicle, number of bunches per plant, and yield weight at a 99% confidence level compared to methods 4 and 5. Method 1 resulted in the highest seed count (7.75 seeds/plant) and dry seed weight (0.035 g/plant), though not statistically different. Under a closed greenhouse system, method 1 led to the greatest increases in plant height, stem size, number of flowers per panicle, number of bunches per plant, and yield components, including 29.15 fruits/plant, 245.08 g fruit weight/plant, 60.31 seeds/plant, and 0.14 g dry seed weight/plant, with

statistically significant differences at the 99% confidence level compared to methods 2, 3, 4, and 5. Seed quality analysis revealed no significant differences in germination and seed strength among all methods.

Keywords: cherry tomato, fertilizer management, yield, seed quality, greenhouse conditions

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่ในสภาพโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) มี 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ๆ ละ 14 ต้น ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร คือ รongกันหลุมปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 30 กก./ไร่ ทุก 15 วัน และเมื่อผลมะเขือเทศเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนเปลี่ยนสี ใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 30 กก./ไร่ โดยใส่ทุก 20-30 วัน กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีรองกันหลุมสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ หลังจากนั้น 20 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 30 กก./ไร่ และเมื่อผลมะเขือเทศเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนเปลี่ยนสี ใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 20 กก./ไร่ โดยใส่ทุก 20-30 วัน กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยละลายช้า (IBDU) สูตร 20-5-8 อัตรา 20 กรัม N ต่อต้น แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ 8 กรัม N ต่อต้น พร้อมกับการย้ายปลูกลงกระถาง และครั้งที่ 2 ใส่ 12 กรัม N ต่อต้น หลังจากครั้งแรก 30 วัน กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 50 กก./ไร่ เมื่ออายุ 30 และ 60 วันหลังปลูก และปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 100 กก./ไร่ เมื่ออายุ 90 และ 120 วันหลังปลูกแบ่งใส่ 2 ครั้ง และกรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยละลายช้าสำหรับมะเขือเทศ ผลการศึกษาภายใต้โรงเรือนระบบเปิด พบว่า การให้ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 มะเขือเทศมีความสูง ขนาดลำต้น จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนช่อต่อต้น และน้ำหนักผลผลิตแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 4 และ 5 โดยการให้ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 1 มีจำนวนเมล็ดและน้ำหนักเมล็ดแห้งสูงที่สุด คือ 7.75 เมล็ด/ต้น และ 0.035 กรัม/ต้น ตามลำดับแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศภายใต้โรงเรือนระบบปิด พบว่า การใส่ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 1 ทำให้ความสูง ขนาดลำต้น จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนช่อต่อต้น จำนวนผลผลิต 29.15 ผล/ต้น น้ำหนักผลผลิต 245.08 กรัม/ต้น จำนวนเมล็ด 60.31 เมล็ด/ต้น และน้ำหนักเมล็ดแห้ง 0.14 กรัม/ต้น สูงที่สุดแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % กับกรรมวิธีที่ 2 3 4 และ 5 ส่วนผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: มะเขือเทศเชอร์รี่ การจัดการปุ๋ย ผลผลิต คุณภาพเมล็ดพันธุ์ สภาพโรงเรือน

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกเมล็ดพันธุ์รายใหญ่ในภูมิภาคเอเชีย 1 ใน 10 ของประเทศที่ส่งออกเมล็ดพันธุ์พืช ด้วยปริมาณการส่งออกในปี 2562 มีมูลค่า 7,330 ล้านบาท โดยมะเขือเทศเป็นพืชผักที่มีศักยภาพการสร้างมูลค่าในการส่งออกเมล็ดพันธุ์ 800.2 ล้านบาท เป็นลำดับสองรองจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแต่ ราคาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศสูงถึง 11.05 -25.19 ล้านบาทต่อตัน ทำให้การผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีศักยภาพในการลงทุนอีกทั้งสภาวะตลาดเมล็ดพันธุ์มีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง เพราะฉะนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดมะเขือเทศจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดในการพัฒนานวัตกรรมการเกษตรไทยทั้งในด้านคุณภาพและประสิทธิภาพ (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2563)

การผลิตเมล็ดพันธุ์พืชผักในฤดูร้อนและฤดูฝน มักประสบปัญหาในการผลิตเนื่องจากเป็นช่วงที่มีสภาพไม่เหมาะสม อุณหภูมิสูง แสงแดดจัด และในฤดูฝนมีความชื้นสูงมีโรคแมลงศัตรูพืชหลายชนิดเข้าทำลาย ทำให้ผสมไม่ติดไม่สามารถผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์ได้ จึงเป็นอุปสรรคสำคัญต่ออุตสาหกรรมผลิตเมล็ดพันธุ์ของประเทศไทยส่งผลให้เกษตรกรต้องหาวิธีการผลิตใหม่ ซึ่งปัจจุบันมีการผลิตพืชในโรงเรือนมีการใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถควบคุมปัจจัยหลาย ๆ ประการได้ เช่น ผลผลิตที่ปราศจากสารเคมีหรือลดปริมาณสารเคมี พืชเมืองหนาวหรือเมืองร้อนที่ต้องการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและยังป้องกันความเสียหายจากการทำลายของศัตรูพืช เช่น วัชพืช แมลง และโรคพืช การควบคุมการผสมเกสร และปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูกไว้ให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ระบบการผลิตแบบประณีตจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการเพาะปลูกแบบอาศัยสภาพแวดล้อม

มะเขือเทศเชอร์รี่ เป็นมะเขือเทศผลเล็ก ผลมีสีแดงสดหรือสีส้ม มีรสหวานอมเปรี้ยว เนื้อแน่น เมล็ดน้อยรับประทานได้ทั้งผลสดและนำไปประกอบอาหารได้โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับอาหารสุขภาพที่นิยมปลูกและรับประทานในครัวเรือน การผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่ในโรงเรือนนิยมปลูกในระบบพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อลดการปนเปื้อนของสาเหตุโรคที่ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ แต่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการจัดการธาตุอาหาร การให้ปุ๋ยเคมีจึงต้องระมัดระวังเนื่องจากหากใส่ลงในปริมาณที่มากก็มีผลทำให้ต้นมะเขือเทศตายได้ จำเป็นต้องละลายน้ำแล้วลดลงไปหรือแบ่งใส่หลายๆ ครั้ง ดังนั้นการจัดการธาตุเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่ในสภาพโรงเรือนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่ศึกษา

โรงเรือนทดลองระบบปิด และระบบเปิด ขนาด 8x 32 ตารางเมตร ของศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชขอนแก่น ตำบลท่าพระ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง ระหว่างเดือน ตุลาคม 2567 - กันยายน 2568

2. การวางแผนการทดลองและกรรมวิธีในการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Completely Block Design: CRD) มี 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร คือ ร่องกันหลุมปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 30 กก./ไร่ ทุก 15 วัน และเมื่อผลเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนเปลี่ยนใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 30 กก./ไร่ โดยใส่ทุก 20-30 วัน

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีร่องกันหลุมสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ หลังจากนั้น 20 วันใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 30 กก./ไร่ และเมื่อผลเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนเปลี่ยนใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 20 กก./ไร่ โดยใส่ทุก 20-30 วัน

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยละลายช้า (IBDU) สูตร 20-5-8 อัตรา 20 กรัม N ต่อต้น แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ 8 กรัม N ต่อต้น พร้อมกับการย้ายปลูกต้นกล้าลงกระถาง และครั้งที่ 2 ใส่ 12 กรัม N ต่อต้น หลังจากครั้งแรก 30 วัน

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 50 กก./ไร่ เมื่ออายุ 30 และ 60 วันหลังปลูก และปุ๋ยเคมี 13-13-21 อัตรา 100 กก./ไร่ เมื่ออายุ 90 และ 120 วันหลังปลูกแบ่งใส่ 2 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยละลายช้าสำหรับมะเขือเทศ

3. การเตรียมวัสดุปลูก การปลูก และการดูแล

มีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

1) เตรียมวัสดุปลูกโดยใช้ ขุยมะพร้าว : มะพร้าวสับ อัตราส่วน 2 : 1 บรรจุในถุงเพาะชำสี่เหลี่ยมขนาด 8X16 นิ้ว ที่เจาะรูระบายน้ำด้านข้าง 4 รู บรรจุวัสดุปลูกถุงละ 7 กิโลกรัม กรรมวิธีละ 56 ถุง แล้วนำมาจัดวางตามแผนผังการทดลองในโรงเรือนกันแมลง

2) เตรียมเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่สายพันธุ์ AVRDC#6 สำหรับเพาะต้นกล้าในถาดเพาะฟิมอส วางในโรงเรือนอนุบาลต้นกล้า ดูแลรักษาความชื้นให้เหมาะสม เมื่อดันกล้ามะเขือเทศมีใบจริง 2-3 ใบ จึงย้ายลงถาดปลูกหลังจากนั้นประมาณ 3 สัปดาห์จึงย้ายลงแปลงปลูก

3) เตรียมระบบน้ำให้แก่ต้นพืช ซักปุ๋ยตามกรรมวิธีและปริมาณที่กำหนด

4) ปลูกมะเขือเทศเชอร์รี่ในโรงเรือนขนาด 8x32 ตารางเมตร โดยปลูกในถุงปลูกระยะห่างระหว่างแถว 40 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 30 เซนติเมตร วาง 8 แถว แถวละ 35 ต้น รวมทั้งหมด 280 ต้นต่อโรงเรือน (14 ต้นต่อซ้า)

5) ดูแลรักษาต้นกล้ามะเขือเทศให้มีความสมบูรณ์แข็งแรงอายุได้ 30 วัน ย้ายลงปลูกในภาชนะที่เตรียมไว้

6) การปฏิบัติดูแลรักษา กำจัดวัชพืช ฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชเมื่อสำรวจพบการเข้าทำลายตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

7) เมื่อมะเขือเทศมีอายุ 45-65 วันหลังย้ายกล้า เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิต

8) ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ โดยเก็บผลมะเขือเทศเมื่อสุกเต็มที่แล้วบ่มในที่ร่มประมาณ 1 วันหลังจากนั้นทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ ฟุ้งในที่ร่มให้เมล็ดแห้ง ชั่งน้ำหนักแห้ง นับจำนวนเมล็ด และเก็บรักษาในภาชนะที่กำหนด

4. การเก็บข้อมูล

- 1) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางต้น จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนช่อต่อต้น จำนวนดอกต่อช่อ
- 2) บันทึกข้อมูลผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผลผลิตต่อต้น จำนวนผลต่อต้น
- 3) การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ของข้อมูลภายใต้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของต้นมะเขือเทศ ภายใต้โรงเรือนระบบเปิดและระบบปิด มีดังนี้

สภาพใต้โรงเรือนระบบเปิด พบว่า ความสูงของต้นมะเขือเทศเชอร์รี่ในกรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ไม่แตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 74.28-78.56 ซม./ต้น ขนาดลำต้น พบว่า กรรมวิธีที่ 1 และ 2 ให้ผลไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 5.31-5.57 ซม. จำนวนดอก พบว่า กรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ให้ผลไม่แตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 6.00-6.66 ดอก/ช่อ จำนวนช่อต่อต้น พบว่า กรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ให้ผลไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 3.28-3.76 ช่อ/ต้น จำนวนผลผลิต พบว่า ในการเก็บเกี่ยว 3 ครั้ง กรรมวิธีที่ 1 ให้จำนวนผลแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนน้ำหนักผลผลิต พบว่า กรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ให้น้ำหนักผลผลิตไม่แตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 170.00-227.25 กรัม/ต้น และจำนวนเมล็ดอยู่ระหว่าง 2.25-7.75 เมล็ด/ต้น น้ำหนักเมล็ดแห้ง อยู่ระหว่าง 0.010-0.035 กรัม/ต้น แต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน (Table 1)

Table 1 Effects of cherry tomato fertilizer management on growth, yield, and seed quality under an open greenhouse system.

Treatments	Results of growth, yield and quality of cherry tomato seeds.							
	Height (cm. per plants)	Stem size (cm. per plants)	Number of flowers (flowers per plants)	Number of bunches per plant (bunches per plant)	Number of products (fruits per plant)	Product weight (grams per plant)	Number of seeds (seeds per plant)	Dry seed weight (grams per plant)
1	78.56 a	5.57 a	6.18 ab	3.76 a	36.58 a	227.25 a	7.75	0.035
2	74.28 ab	5.31 ab	6.00 ab	3.28 a	27.30 b	170.00 a	0.00	0.000
3	75.14 ab	5.07 b	6.66 a	3.68 a	25.04 b	177.50 a	2.75	0.014
4	67.93 b	5.11 b	5.53 bc	1.85 b	10.51 c	85.75 b	2.25	0.010
5	43.00 c	3.79 c	4.98 c	1.39 b	5.45 c	39.25 b	3.50	0.015
ค่าเฉลี่ย	67.78	4.97	5.87	2.79	20.98	139.95	3.25	0.015
F-test ¹	**	**	**	**	**	**	ns	ns
C.V. (%)	8.27	4.66	8.08	12.06	17.97	31.77	238.77	241.31

/1 ** = significant at 0.01 , ns = non significant

/2 Means followed by the same common letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) from each other according to DMRT.

Table 2 Effects of cherry tomato fertilizer management on growth, yield, and seed quality under closed system greenhouses (EVAP).

Treatments	Results of growth, yield and quality of cherry tomato seeds.									
	Height (cm. per plants)	Stem size (cm. per plants)	Number of flowers (flowers per plants)	Number of bunches (bunches per plant)	Number of products (fruits per plant)	Product weight (grams per plant)	Number of seeds (seeds per plant)	Dry seed weight (grams per plant)	Germination percentage (%)	AA-test (%)
1	71.60 a	6.28 a	7.32 a	3.82 a	29.15 a	245.08 a	60.31 a	0.14 a	100.00	96.00
2	64.53 a	5.47 b	5.79 b	2.63 b	18.66 b	156.57 b	34.44 bc	0.08 bc	99.75	95.50
3	66.10 a	5.34 b	5.49 b	2.59 b	18.87 b	142.82 b	44.14 ab	0.10 ab	98.75	93.75
4	51.23 b	5.22 b	5.43 b	1.83 c	13.80 b	113.47 b	19.82 cd	0.05 cd	98.25	88.00
5	43.60 b	4.45 c	5.37 b	1.37 c	6.69 c	45.86 c	12.25 d	0.03 d	92.00	85.75
ค่าเฉลี่ย	59.41	5.35	5.88	2.45	17.43	140.76	34.19	0.08	97.75	91.80
F-test ^{/1}	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns
C.V. (%)	10.57	4.24	10.75	17.27	23.40	22.64	35.44	36.75	4.36	6.45

/1 ** = significant at 0.01 , ns = non significant

/2 Means followed by the same common letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) from each other according to DMRT.

สภาพใต้โรงเรือนระบบปิด พบว่า ความสูงของต้นมะเขือเทศเชอร์รี่ในกรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ไม่แตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 66.10-71.60 ซม./ต้น ซึ่งกรรมวิธีที่ 1 มีขนาดลำต้น(6.28 ซม./ต้น) จำนวนดอกต่อช่อ (7.32 ดอก/ช่อ) จำนวนช่อต่อต้น (3.82 ช่อต่อต้น) จำนวนผลผลิต (29.15 ลูกต่อต้น) และน้ำหนักผลผลิต (245.08 กรัม/ต้น) สูงสุด จำนวนเมล็ดในกรรมวิธีที่ 1 และ 3 ให้ผลใกล้เคียงกัน คือ 60.31 และ 44.14 เมล็ด/ต้น และให้ผลน้ำหนักแห้งสอดคล้องกัน ส่วนผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ พบว่า ทุกกรรมวิธีทำให้เมล็ดมะเขือเทศเชอร์รี่มีความงอกของเมล็ดพันธุ์ อยู่ระหว่าง 92.00-100.00 % และมีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 85.75-96.00 % (Table 2)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศภายใต้โรงเรือนระบบเปิด พบว่า การให้ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ให้ผลด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง ขนาดลำต้น จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนช่อต่อต้น และน้ำหนักผลผลิตแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 4 และ 5 ซึ่งในการให้ปุ๋ย กรรมวิธีที่ 1 มีจำนวนเมล็ดและน้ำหนักเมล็ดแห้งสูงที่สุด คือ 7.75 เมล็ดต่อต้น และ 0.035 กรัมต่อต้น ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ภายใต้โรงเรือนระบบปิด พบว่า การใส่ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 1 ให้ผลด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง ขนาดลำต้น จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนช่อต่อต้น และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนผลผลิต 29.15 ผล/ต้น น้ำหนักผลผลิต 245.08 กรัม/ต้น จำนวนเมล็ด 60.31 เมล็ด/ต้น และน้ำหนักเมล็ดแห้ง 0.14 กรัม/ต้นสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ Sato *et al.*,2002 พบว่า ในระยะสืบพันธุ์มะเขือเทศมีความอ่อนไหวต่อการ สภาพอากาศมากที่สุด โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ความมีชีวิตของละอองเกสรเพศผู้ลดลงส่งผลให้การติดผลลดลง ซึ่ง จำนวนผลเป็นองค์ประกอบสำคัญของน้ำหนักผลผลิต (Sato *et al.*,2000) นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำยังมีผลทำให้ขั้นตอนการงอกของหลอดเรณูไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มะเขือเทศมีเปอร์เซ็นต์การติดผลลดลงเช่นเดียวกัน (Huang *et al.*,2011) ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูงเกินไปส่งผลให้มะเขือเทศมีความอ่อนไหวต่อสภาพความเครียด ของความร้อนที่เพิ่มขึ้น (Sato *et al.*,2002) และส่งผลให้มะเขือเทศมีผลผลิตและคุณภาพลดลง (Xu *et al.*,2007) จาก การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศเชอร์รี่ขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง พันธุ์กับสภาพแวดล้อมในการปลูก (Panthee *et al.*,2012; Tinyane *et al.*,2013) ดังนั้น การผลิตมะเขือเทศในระบบ

โรงเรือนถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของพืช รวมทั้งการป้องกันการเข้าทำลายของโรคและแมลง (Ro *et al.*,2021)

สรุปผลการวิจัย

การจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในโรงเรือนระบบปิด โดยการใส่ปุ๋ยรอง ก้นหลุมด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 30 กก./ไร่ ทุก 15 วัน และเมื่อผล เจริญเติบโตเต็มที่ก่อนเปลี่ยนสีใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 30 กก./ไร่ โดยใส่ทุก 20-30 วัน ส่งผลให้มะเขือเทศเชอร์รี่มี จำนวนผล น้ำหนักผลผลิต และน้ำหนักแห้งเมล็ดพันธุ์มากกว่ามะเขือเทศเชอร์รี่ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนเปิด ดังนั้น การ ผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่ภายใต้โรงเรือนระบบปิดในฤดูฝน สามารถผลิตมะเขือเทศให้ได้ผลผลิตและเมล็ดพันธุ์มี คุณภาพดีได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณใน การวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ที่ให้การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์สำหรับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- Huang, Y., Y. Li and X. Wen. 2011. The effect of relative humidity on pollen vigor and fruit setting rate of greenhouse tomato under high temperature condition. **Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica** 20(11): 105-110.
- Panthee, D.R., C. Cao, S.J. Debentson, A.P. Breksa, E. Van der Knaap and B.B.M. Gardener. 2012. Magnitude of genotype x environment intractions affecting tomato fruit quality. **HortScience** 47(6): 721-726.
- Ro, S., L. Chea, S. Ngoun, Z.P. Stewart, S. Roeun, P. Theam, S. Lim, R. Sor, M. Kosal, M. Roeun, K.S. Dy and P.V.V. Prasad. 2021. Response of tomato genotypes under different high temperatures in field and greenhouse conditions. **Plants** 10(3): 449. <https://doi.org/10.3390/plants10030449>

- Sato, S., M.M. Peet and J.F. Thomas. 2000. Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. **Plant, Cell & Environment** 23(7): 719-726.
- Sato, S., M.M. Peet and J.F. Thomas. 2002. Determining critical pre-and post-anthesis periods and physiological processes in *Lycopersicon esculentum* Mill. exposed to moderately elevated temperatures. **Journal of Experimental Botany** 53(371): 1187-1195.
- Tinyane, P.P., D. Sivakumar and P. Soundy. 2013. Influence of photo-selective and bioactive compounds in selected tomato cultivars. **Scientia Horticulturae** 161: 340-349.
- Xu, H.L., D. Iraqi and A. Gosselin. 2007. Effect of ambient humidity on physiological activities and fruit yield and quality of greenhouse tomato. **Acta Horticulturae** 761: 85-92.

การศึกษาเทคนิคทางสถิติเพื่อใช้เป็นมาตรฐานสำหรับแปลงทดลองหญ้าหวาน Study on Statistical Techniques for Standard Plot Size of Stevia

วิสุทธิดา ศรีดวงโชติ^{1*} และ สุพัทธณกิจ โพธิ์สว่าง²

Wisuttiudha Sriduangchot^{1*} and Supattanakij Posawang²

¹กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

²ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร เชียงใหม่ 50230

¹Planning and Technical Division Department of Agriculture, Bangkok, Thailand 10900

²Chiang Mai Royal Agricultural Department of Agriculture, Chiang Mai, Thailand 50230

*Corresponding author: keng.wisutt@gmail.com

Abstract

An optimum plot size and shape of a *Stevia* experimental plot was studied at Chiang Mai Royal Agricultural Research Center in 2020. Four experimental plots with raised grooves were designed for *Stevia*. The four-uniformity trial plot was 1x25 m² in width and length size, and the spacing between plots was 0.5 meters. The *Stevia* plants were grown with uniform spacing of 0.25x0.25 meters between sprouts. At the harvesting stage, two basic units at both ends used as border rows for each plot were discarded and excluded from the analysis. The basic unit measured 1x0.25 m² in width and length. Each basic unit was divided into 4 rows, with 1 plant in each plot; all tested plants had 96 basic units for harvesting. The data were arranged into plot sizes (11 sizes). Yield data from 4 plots of each tested plant were analyzed statistically for the mean, variance, and coefficient of variation, and the relationship between plot size and the coefficient of variation was determined using the equation $Y = aX^b$. The calculation results for the year 2020 were $Y = 12.32X^{-0.49}$ ($R^2 = 97.39\%$). For 2021, the results were $Y = 19.36X^{-0.40}$ ($R^2 = 96.71\%$). The results revealed that the standard optimum plot sizes for agricultural research of *Stevia* should be no less than 8 m² of harvested area space with 0.25x0.25 m (4 rows/row, 32 plants).

Keywords: plot size, *Stevia*, uniformity trial, statistical techniques, coefficient of variation

บทคัดย่อ

การศึกษาเทคนิคทางสถิติเพื่อใช้เป็นมาตรฐานสำหรับแปลงทดลองหย้าหวาน ได้ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรหลวงเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2563–2564 ปลุกหย้าหวานชนิดและพันธุ์เดียวกัน ติดต่อกันเป็นผืนใหญ่เพื่อให้มีความสม่ำเสมอของการทดลอง เนื่องจากหย้าหวานเป็นพืชมีลักษณะการปลูกยกแปลงเป็นแปลงย่อย แปลงปลูกกว้าง 1 เมตร ยาว 25 เมตร จำนวน 4 แปลงย่อย เว้นระยะระหว่างแปลงย่อย 0.5 เมตร แต่ละแปลงย่อยปลูกหย้าหวานระยะระหว่างแถว 0.25 เมตร ระหว่างต้น 0.25 เมตร เมื่ออายุครบกำหนดเก็บเกี่ยวผลผลิต แต่ละแปลงเว้นหัว – ท้ายเป็นแถวริม (Border) ออกด้านละ 0.5 เมตร เก็บผลผลิตที่เหลือเป็นหน่วยย่อย (Basic unit) คือ พื้นที่เก็บเกี่ยวที่เล็กที่สุดที่สามารถชั่งน้ำหนักผลผลิตและนำไปวิเคราะห์เพื่อจัดเป็นขนาดพื้นที่ต่าง ๆ กัน ให้หน่วยย่อยกว้าง 1 เมตร ยาว 0.25 เมตร เก็บทั้งหมดติดต่อกันตลอดแปลง แต่ละแปลงมี 96 หน่วยย่อย มาจัดเป็นขนาดแปลงทดลอง (Plot size) ต่าง ๆ กันได้ 11 ขนาด แต่ละขนาดคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าความแปรปรวน (Variance) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variation: CV(%)) และหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในรูปแบบสมการ $\hat{y} = aX^b$ เมื่อ $\hat{y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV(%)) X = พื้นที่เก็บเกี่ยว (Plot size) a = ค่าคงที่, b = ค่าสัมประสิทธิ์ของรีเกรสชัน (Regression coefficient) พบว่าความสัมพันธ์อยู่ในรูป $\hat{y} = aX^b$ ปี พ.ศ. 2563 ได้สมการเท่ากับ $\hat{y} = 12.32X^{-0.49}$ $R^2 = 97.39\%$ ส่วนปี พ.ศ. 2564 ได้สมการเท่ากับ $\hat{y} = 19.36X^{-0.40}$ $R^2 = 96.71\%$ จากนั้นนำสมการไปเขียนกราฟ พิจารณาจากช่วงเปลี่ยนโค้งของเส้นกราฟระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเริ่มมีค่าคงที่ และพิจารณาควบคู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงประมาณ 0.5 ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเป็นมาตรฐานแปลงเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับแปลงทดลองหย้าหวานทั้ง 2 ปี พบว่าขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับหย้าหวาน ที่มีระยะปลูกระหว่างต้น 0.25 เมตร ระหว่างแถว 0.25 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 8 ตารางเมตร (เก็บ 4 แถว ๆ ละ 32 ต้น)

คำสำคัญ: มาตรฐานแปลงทดลอง หย้าหวาน ความสม่ำเสมอของการทดลอง เทคนิคทางสถิติ
ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

คำนำ

หย้าหวานเป็นพืชที่กำลังได้รับความสนใจจากผู้รักสุขภาพเป็นอย่างมาก เพราะส่วนใบของหย้าหวานมีความหวานมากกว่าน้ำตาลถึง 10-15 เท่า แต่เป็นความหวานที่ไม่ก่อให้เกิดพลังงาน และที่สำคัญ คือ สารสกัดที่ได้จากหย้าหวานที่มีชื่อว่า สตีวิโอไซด์ (Stevioside) นั้นเป็นสารที่ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลถึง 200-300 เท่า ปัจจุบันหย้าหวานได้มีการนำไปใช้ในด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เครื่องดื่ม ยาสมุนไพร และด้านการแพทย์ กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติงานวิจัยเกษตร ได้มีการศึกษาหาขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมของพืชผักมาบ้างแล้ว เช่น มะเขือเทศ มีพื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 12 ตร.ม. Jantra (2015) ค่ะน้ามี่พื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 6 ตร.ม. Nasapat (2015) ถั่วฝักยาวมีพื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 9 ตร.ม. Tacho (2015), ผักบุ้งจีนมีพื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 4.8 ตร.ม. Sriduangshot (2018) และเผือกมีพื้นที่เก็บเกี่ยว

ไม่น้อยกว่า 6 ตร.ม. Nasapat (2018) แต่ยังขาดข้อมูลของพืชผักอีกบางพืช เช่น หน่อหวาน ซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของ นักวิชาการที่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง เช่น การวิจัยพัฒนาด้านเขตกรรม การปรับปรุงพันธุ์ และการป้องกันกำจัด ศัตรูพืช โรค แมลง ซึ่งหน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ เช่น กรมการข้าว กรมหม่อนไหม กรมส่งเสริมการเกษตร อาจารย์ มหาวิทยาลัย นิสิตนักศึกษา นักวิชาการ และนักวิจัย จึงจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลด้านเทคนิคทางสถิติในการปฏิบัติงานวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ปลุกหน่อหวานแบบ Uniformity trial คือ การปลุกพืชชนิดและพันธุ์เดียวกันติดต่อกันเป็นผืนใหญ่ เนื่องจาก หน่อหวานเป็นพืชมีลักษณะการปลูกยกแปลง เป็นแปลงย่อย จึงเตรียมแปลงย่อยกว้าง 1 เมตร ยาว 25 เมตร จำนวน 4 แปลงย่อย เว้นระยะระหว่างแปลงย่อย 0.5 เมตร รวมเนื้อที่ 150 ตารางเมตร แต่ละแปลงย่อยปลุกหน่อหวานระยะ ระหว่างแถว 0.25 เมตร ระหว่างต้น 0.25 เมตร ดูแลรักษาแปลง ให้น้ำ ใส่ปุ๋ย และพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตามความจำเป็นและเหมาะสม

2. เมื่ออายุครบ 3 เดือน เก็บเกี่ยวผลผลิต แต่ละแปลงย่อยเว้นหัว – ท้ายเป็นแถวริม (Border) ด้านละ 0.2 เมตร หน่วยย่อยกว้าง 0.5 เมตร ยาว 0.1 เมตร เก็บผลผลิตเป็นหน่วยย่อย (Basic unit) คือ พื้นที่เก็บเกี่ยวที่เล็กที่สุดที่สามารถ ชั่งน้ำหนักผลผลิตและนำไปวิเคราะห์เพื่อจัดเป็นรูปร่างและขนาดพื้นที่ต่าง ๆ กัน เก็บผลผลิตทั้งหมดติดต่อกันตลอดแปลง แต่ละแปลงย่อยมี 96 หน่วยย่อย ชั่งน้ำหนักผลผลิตสดแต่ละหน่วยย่อย มาจัดเป็นขนาดแปลงทดลอง (Plot size) ต่าง ๆ กัน ได้ 11 ขนาด

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตัวสถิติ ดังนี้

3.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

$$\text{Mean} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

โดยที่ x_i = ค่าของข้อมูลน้ำหนักหน่อหวานในหน่วยย่อยที่ i

n = จำนวนหน่วยย่อยในแต่ละขนาดพื้นที่

3.2 ค่าความแปรปรวน

$$\text{Variance}(s^2) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

โดยที่ $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยน้ำหนักหน่อหวานของแต่ละขนาดพื้นที่

3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variation: CV(%)) ของแต่ละขนาด

$$C.V.(%) = \frac{\sqrt{\text{variance}}}{\text{mean}} \times 100$$

3.4 หาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวและค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน แต่ละแปลงซึ่งอยู่ในรูปสมการ

$$\hat{y} = aX^b$$

โดยที่

$\hat{y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

X = พื้นที่เก็บเกี่ยว (Plot size)

a = ค่าคงที่

b = ค่าสัมประสิทธิ์ของรีเกรสชัน (Regression coefficient)

3.5 การทดสอบความชันของสมการ 4 เส้น (Homogeneity of regression coefficients)

สมมติฐานของการทดสอบความชัน ของเส้นสมการถดถอย 4 เส้น

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$$

$$H_1 : \beta_i \neq \beta_j ; i \neq j$$

ใช้สถิติทดสอบ F ที่ df (f1, f2) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

$$F = \frac{[D - (E^2 / C) - B] / (k - 1)}{B / \left(\sum_{i=1}^k n_i - 2k \right)} , i = 1, \dots, k \quad (\text{Gomez and Gomez, 1984})$$

$$\text{โดยที่} \quad A_i = \sum y^2 - \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2} , i = 1, \dots, k$$

$$B = \sum_{i=1}^k A_i$$

$$C = \sum x_1^2 + \sum x_2^2 + \dots + \sum x_k^2$$

$$D = \sum y_1^2 + \sum y_2^2 + \dots + \sum y_k^2$$

$$E = \sum x_1 y_1 + \sum x_2 y_2 + \dots + \sum x_k y_k$$

k = จำนวนสมการ

n_i = จำนวนข้อมูล (Paired observations) ในแต่ละสมการ

4. การสรุปผลการศึกษา

4.1 พิจารณาจากการทดสอบความเท่ากันของค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันทั้ง 4 สมการ ในแต่ละปีที่ศึกษา หากพบว่าแตกต่างกันทางสถิติ จะตัดสินขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่เหมาะสม (Optimum plot size) จากช่วงเปลี่ยนโค้งของเส้นกราฟ

ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเริ่มมีค่าคงที่ และพิจารณาควบคู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงประมาณ 0.5 ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน โดยเลือกเส้นกราฟที่ได้ผลการศึกษามีขนาดพื้นที่ใหญ่สุดใน 4 สมการ เป็นมาตรฐานแปลงเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับแปลงทดลองหญ้าหวาน แต่หากพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทั้ง 4 เส้น ในแต่ละขนาดพื้นที่แล้วหาสมการในรูป $\hat{y} = aX^b$ เพียงสมการเดียว เพื่อตัดสินขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจากเส้นกราฟใหม่นี้ ตรงส่วนช่วงเปลี่ยนโค้งของเส้นกราฟระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเริ่มมีค่าคงที่ และพิจารณาควบคู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงประมาณ 0.5 ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเป็นมาตรฐานแปลงเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับแปลงทดลองหญ้าหวาน

4.2 หากผลการศึกษาทั้ง 2 ปี ได้ผลไปในทิศทางเดียวกันก็สามารถสรุปผลขนาดพื้นที่แปลงมาตรฐานที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการประเมินผลผลิตสำหรับงานวิจัยหญ้าหวาน

ผลการวิจัย

นำข้อมูลผลผลิตที่ได้แต่ละแปลงมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยการนำน้ำหนักผลผลิตสดทั้ง 96 หน่วยย่อยมาจัดเป็นขนาดพื้นที่ต่าง ๆ กันได้ 11 ขนาด ในแต่ละขนาดคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ผลการศึกษาพบว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยว (X) กับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (y) อยู่ในรูป $\hat{y} = aX^b$ และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) ของผลผลิตหญ้าหวาน ในแปลงศึกษาทั้ง 4 แปลง ปี พ.ศ. 2563 ได้ผลดังนี้ (Figure 1)

$$\text{แปลงที่ 1 สมการ } \hat{y}_1 = 33.14X^{-0.09} \quad R^2 = 80.97\%$$

$$\text{แปลงที่ 2 สมการ } \hat{y}_2 = 12.32X^{-0.49} \quad R^2 = 97.39\%$$

$$\text{แปลงที่ 3 สมการ } \hat{y}_3 = 17.92X^{-0.55} \quad R^2 = 72.86\%$$

$$\text{แปลงที่ 4 สมการ } \hat{y}_4 = 18.89X^{-0.34} \quad R^2 = 70.40\%$$

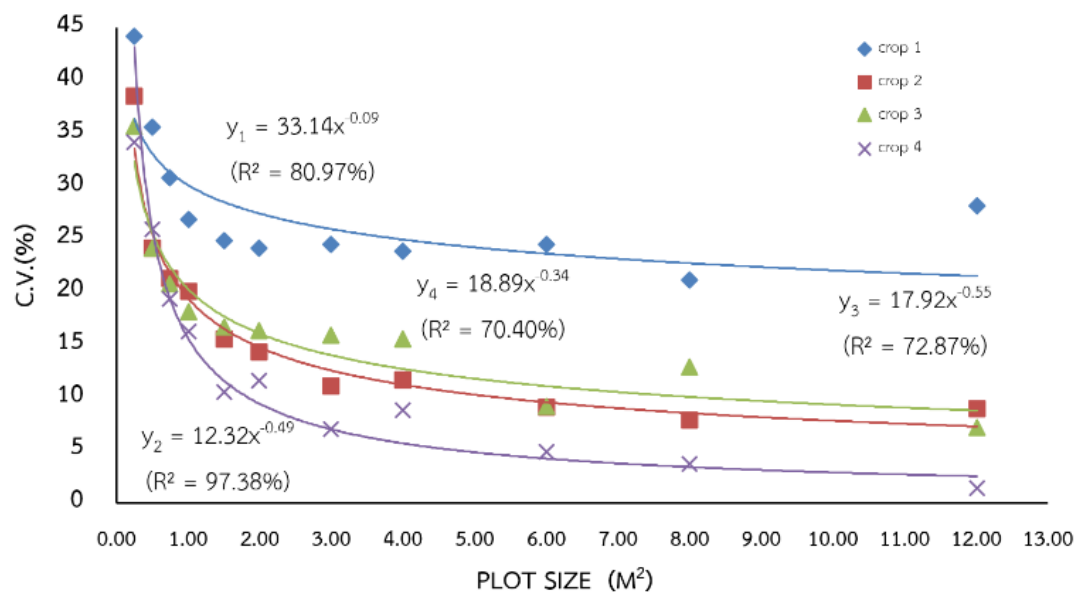


Figure 1 Relationship between the harvested area and the coefficient of variation of stevia yield, 2020

Table 1 The coefficient of variation (CV(%)) estimates (CV(%)) from the equation (E(CV%)) and the ratio of the coefficient of variation (CV(%)) divided by plot sizes of stevia yield, 2020

Plot Size (m ²)	crop 1			crop 2			crop 3			crop 4		
	CV(%)	E(CV%)	Ratio	CV(%)	E(CV%)	Ratio	CV(%)	E(CV%)	Ratio	CV(%)	E(CV%)	Ratio
0.25	41.24	37.56		22.48	24.16		25.49	38.21		24.98	30.12	
0.50	35.17	35.28	9.13	17.07	17.25	27.64	20.80	26.17	48.17	21.17	23.85	25.08
0.75	33.37	34.01	5.08	13.66	14.17	12.34	20.10	20.97	20.79	19.32	20.81	12.18
1.00	32.49	33.14	3.50	12.92	12.32	7.39	17.92	17.92	12.20	18.09	18.88	7.68
1.50	31.61	31.94	2.39	12.07	10.12	4.41	18.03	14.36	7.12	17.34	16.47	4.82
2.00	29.90	31.12	1.64	8.51	8.80	2.64	15.88	12.27	4.18	17.37	14.95	3.04
3.00	27.25	30.00	1.29	7.00	7.22	1.93	14.73	9.83	3.02	16.47	13.05	2.29
4.00	27.94	29.23	0.77	7.46	6.28	0.94	15.01	8.40	1.43	15.59	11.84	1.20
6.00	28.10	28.18	0.53	3.85	5.16	0.56	7.09	6.74	0.83	15.47	10.33	0.76
8.00	29.42	27.45	0.36	5.00	4.48	0.34	10.59	5.76	0.49	13.13	9.38	0.48
12.00	28.49	26.46	0.25	3.57	3.68	0.20	1.08	4.61	0.29	2.93	8.18	0.30
Equation	$\hat{y}_1 = 33.14X^{-0.09}$			$\hat{y}_2 = 12.32X^{-0.49}$			$\hat{y}_3 = 17.92X^{-0.55}$			$\hat{y}_4 = 18.89X^{-0.34}$		
R ²	80.97%			97.39%			72.86%			70.40%		
F	4.32*											

จาก Table 1 เป็นการทดสอบเท่ากันของค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของทั้ง 4 แปลง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้จะเลือกแปลงที่ให้ขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่ใหญ่ที่สุด ดังนั้น ขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับหญ้าหวาน พื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 8 ตารางเมตร (เก็บ 4 แถว ๆ ละ 32 ต้น)

ปี พ.ศ. 2564 จึงดำเนินการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผล และให้เกิดความเที่ยงตรง แม่นยำ โดยดำเนินการเช่นเดียวกับปี พ.ศ. 2563 ผลผลิตหญ้าหวาน ในแปลงศึกษาทั้ง 4 แปลง ปี พ.ศ. 2564 ได้ผลดังนี้ (Figure 2)

แปลงที่ 1 สมการ $\hat{y}_1 = 30.08X^{-0.14}$ $R^2 = 66.77\%$

แปลงที่ 2 สมการ $\hat{y}_2 = 19.36X^{-0.40}$ $R^2 = 96.71\%$

แปลงที่ 3 สมการ $\hat{y}_3 = 20.23X^{-0.34}$ $R^2 = 92.29\%$

แปลงที่ 4 สมการ $\hat{y}_4 = 15.57X^{-0.74}$ $R^2 = 96.08\%$

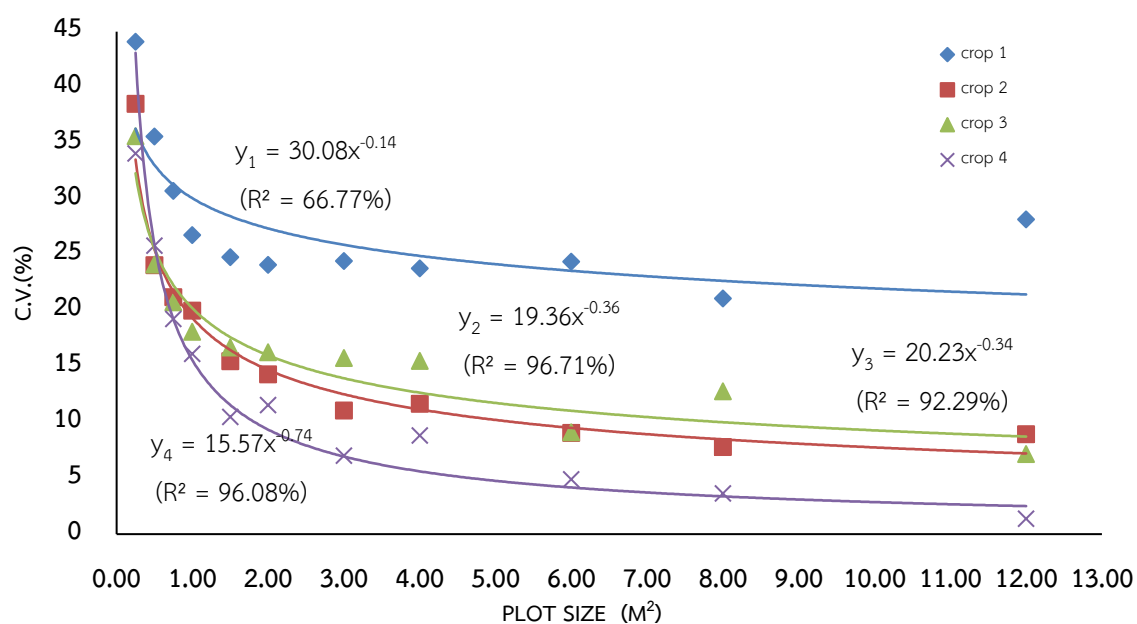


Figure 2 Relationship between the harvested area and the coefficient of variation of stevia yield, 2021

Table 2 The coefficient of variation (% C.V.) estimates (% C.V.) from the equation (E(% C.V.)) and the ratio of the coefficient of variation (% C.V.) divided by plot sizes of stevia yield, 2021

Plot Size (m ²)	crop 1			crop 2			crop 3			crop 4		
	CV(%)	E(CV%)	Ratio	CV(%)	E(CV%)	Ratio	CV(%)	E(CV%)	Ratio	CV(%)	E(CV%)	Ratio
0.25	44.10	36.31		38.52	33.55		35.63	32.32		34.10	43.12	
0.50	35.60	33.05	13.05	24.07	25.49	32.26	24.13	25.57	26.99	25.82	25.91	68.82
0.75	30.73	31.28	7.08	21.21	21.70	15.14	20.76	22.30	13.09	19.26	19.23	26.70
1.00	26.77	30.08	4.79	20.00	19.36	9.36	18.13	20.23	8.26	16.14	15.57	14.66
1.50	24.81	28.47	3.22	15.49	16.48	5.75	16.72	17.64	5.18	10.49	11.56	8.02
2.00	24.10	27.38	2.18	14.31	14.71	3.56	16.28	16.01	3.27	11.55	9.36	4.40
3.00	24.45	25.91	1.70	11.06	12.52	2.64	15.78	13.96	2.46	7.03	6.95	3.08
4.00	23.80	24.92	0.99	11.66	11.17	1.35	15.51	12.67	1.29	8.82	5.62	1.32
6.00	24.41	23.58	0.67	9.06	9.51	0.83	9.12	11.04	0.81	4.90	4.17	0.72
8.00	21.10	22.68	0.45	7.79	8.49	0.51	12.79	10.02	0.51	3.63	3.38	0.40
12.00	28.18	21.47	0.30	8.95	7.23	0.32	7.16	8.74	0.32	1.37	2.51	0.22
equation	$\hat{y}_1 = 30.08X^{-0.14}$			$\hat{y}_2 = 19.36X^{-0.40}$			$\hat{y}_3 = 20.23X^{-0.34}$			$\hat{y}_4 = 15.57X^{-0.74}$		
R ²	66.77%			96.71%			92.29%			96.08%		
F	27.00**											

จาก Table 2 เป็นการทดสอบเท่ากันของค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของทั้ง 4 แปลง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้จะเลือกแปลงที่ให้ขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่ใหญ่ที่สุด ดังนั้น ขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับหญ้าหวาน ต้องมีพื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 8 ตารางเมตร (เก็บ 4 แถว ๆ ละ 32 ต้น)

โดยสรุปผลการทดลองทั้ง 2 ปี ให้ผลสอดคล้องกัน คือ การเก็บผลผลิตหญ้าหวานที่มีการปลูกแบบยกแปลง ระยะระหว่างแถว 0.25 เมตร ระหว่างต้น 0.25 เมตร ขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับหญ้าหวาน ต้องมีพื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 8 ตารางเมตร (เก็บ 4 แถว ๆ ละ 32 ต้น)

วิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการปลูกหญ้าหวานแบบ Uniformity trial คือ การปลูกพืชชนิดและพันธุ์เดียวกันติดต่อกันเป็นผืนใหญ่ ที่มีระยะระหว่างแถว 0.25 เมตร ระหว่างต้น 0.25 เมตร ขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับหญ้าหวาน พื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 8 ตารางเมตร (เก็บ 4 แถว ๆ ละ 32 ต้น) จึงเหมาะกับงานทดลองที่มีการปลูกหญ้าหวานที่สม่ำเสมอ ไม่มีความแปรปรวนในแปลงทดลองมาก และที่สำคัญ คือ ต้องมีระยะปลูกระหว่างแถว 0.25 เมตร ระหว่างต้น 0.25 เมตร ถ้าระยะปลูกมากกว่า หรือน้อยกว่านี้ ต้องพิจารณาตามความเหมาะสมต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับหญ้าหวาน พื้นที่เก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 8 ตารางเมตร (เก็บ 4 แถว ๆ ละ 32 ต้น)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนางพุดนา รุ่งระวี ที่ปรึกษาด้านวิชาการสถิติและการประเมินผลงานวิจัย เป็นผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการทำงานวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลข้อมูล และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรหลวงเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ทำการทดลอง นายสุพัฒน์กิจ โพธิ์สว่าง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรหลวงเชียงใหม่ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำแปลงทดลองปลูกพืชของโครงการวิจัย รวมทั้งเก็บผลผลิต บันทึกข้อมูลตามหลักวิชาการสถิติ ทำให้การดำเนินงานลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Bordeesorn, J. 2015. **Study on statistical techniques for standard plot size of tomato (*Lycopersicon esculentum*)**. [Online]. Available <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2160> (13 October 2024).
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. **Statistical Procedures for Agricultural Research**. Toronto: John Wiley & Sons, Inc. 680 p.
- Nasapat, U. 2015. **Study on statistical techniques for standard plot size of chinese kale (*Brassica alboglabra*)**. [Online]. Available <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2160> (13 October 2024).
- _____. 2018. **Study on statistical techniques for standard plot size of taro**. [Online]. Available <https://www.doa.go.th/research/showthread.php?mode=linear&tid=2659&pid=2677> (20 October 2024).
- Sriduangchot, W. 2018. **Study on statistical techniques for standard plot size of Chinese *Convolvulus***. [Online]. Available <https://www.doa.go.th/research/showthread.php?mode=linear&tid=2659&pid=2677> (20 October 2024).
- Tacho, C. 2015. **Study on statistical techniques standard plot size for yard long bean (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*)**. [Online]. Available <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2160> (13 October 2024).

ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 สำหรับระบบให้น้ำแบบแม่นยำ Study on Crop Coefficient (Kc) of Rayong 15 for using in Precision irrigation

ชยันต์ ภัคดีไทย^{1*} เนติรัฐ ชุมสุวรรณ¹ และวัลลีย์ อมรพล²

Chayant Pakdeethai^{1*}, Netirat Chumsuwan¹ and Wanlee Amonpon²

¹ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร ขอนแก่น 40000

²ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร ระยอง 21000

¹Khon Kaen Field Crops Research Center Field and Renewable Energy Crops Research Institute,
Department of Agriculture Khon kaen, Thailand 40000

²Rayong Field Crop Research Center Field and Renewable Energy Crops Research Institute,
Department of Agriculture Rayong, Thailand 40000

*Corresponding author: pakdeethai@gmail.com

Abstract

Cassava is an important cash crop, especially in Thailand, which produces a large amount of cassava. Water management is crucial for increasing yields. Cassava requires a water supply of about 800-1,400 mm during the planting season. The water-consumption coefficient (Kc) recommended by the FAO ranges from 0.3 to 1.1. In each growth period, we studied the water-use coefficient of Rayong 15, a new variety developed by the Department of Agriculture. We planned a randomized experiment with a total of five methods: 1) non-irrigation (rainfed), 2) irrigation at 12.5% of the available water capacity (AWC), 3) Irrigation at 25.0% AWC, 4) irrigation at 37.5% AWC and irrigation at 50.0% AWC. In the 2022/2023 season, cassava was harvested at 11 months, and the treatment with irrigation at 12.5% AWC yielded the highest production of 7,517 kg/rai, although it was not statistically different from the other treatments. In the 2023/2024 season, the treatment with irrigation at 37.5% AWC yielded the highest at 6,370 kg/rai, which was significantly different from the other treatments. The crop coefficients were calculated based on the water consumption of the reference crop using the Blaney-Criddle method, resulting in average coefficients of 0.43, 0.82, 1.01, and 0.75 for stages 1 (0-150 days), 2 (151-190 days), 3 (191-300 days) and 4 (301-360 days), respectively. It is recommended that these water-use coefficients be used to design the smart irrigation control system for cassava in precision agriculture.

Keywords: cassava, crop coefficient, Rayong 15, evapotranspiration, precision agriculture

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยเฉพาะในประเทศไทยที่มีการผลิตสูงเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก การจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญต่อการยกระดับผลผลิต โดยมันสำปะหลังต้องการน้ำประมาณ 800-1,400 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) ที่แนะนำโดย FAO มีค่าตั้งแต่ 0.3 ถึง 1.1 ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต จึงได้ทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 ซึ่งเป็นมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ ของกรมวิชาการเกษตร โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน) 2) ให้น้ำ 12.5% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC) 3) ให้น้ำ 25.0% AWC 4) ให้น้ำ 37.5% AWC 5) ให้น้ำ 50.0% AWC ทดลองในปีการผลิต พ.ศ. 2565/2566 ดำเนินการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เมื่ออายุ 11 เดือนพบว่า การให้น้ำที่ 12.5% AWC ให้ผลผลิตมากที่สุด 7,517 กิโลกรัมแต่ไม่แตกต่างในทางสถิติ กับกรรมวิธีอื่น แต่ในปีการผลิต พ.ศ. 2566/2567 กรรมวิธีที่ให้น้ำ 37.5% AWC ให้ผลผลิตมากที่สุด 6,370 กก./ไร่ แตกต่างกับกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองนำข้อมูลมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำโดยอ้างอิงจาก ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงของ Blaney-Criddle พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 เฉลี่ยอยู่ที่ 0.43, 0.82, 1.01 และ 0.75 ในระยะที่ 1 (0-150 วัน) ระยะที่ 2 (151-190 วัน) ระยะที่ 3 (191-300 วัน) และ ระยะที่ 4 (301-360 วัน) ตามลำดับ จากผลการศึกษาจึงแนะนำให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำดังกล่าวในการออกแบบระบบ การควบคุมการให้น้ำสำหรับมันสำปะหลังในรูปแบบเกษตรแม่นยำ

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ พันธุ์ระยอง 15 การให้น้ำของพืชอ้างอิง เกษตรแม่นยำ

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น เป็นพืชที่ทนต่ออากาศแห้งแล้ง และแปรปรวนได้ดี สามารถเติบโตได้ดีที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ อายุการเก็บเกี่ยวสามารถยืดหยุ่นได้ กล่าวคือ สามารถทิ้งหัวมันสำปะหลังไว้ที่ดิน รอจนกว่าราคาจะดีตามความต้องการ (Charoenrath, 2008) ในประเทศไทยมันสำปะหลังถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยมีการผลิตสูงเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหารและพลังงาน การผลิตมันสำปะหลัง นั้นต้องอาศัยปริมาณน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงและมีคุณภาพดี การจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญ ต่อการเพิ่มผลผลิตและลดความสูญเสียจากการขาดน้ำ จากการศึกษาของ Odubango *et al.* (2011) พบว่ามันสำปะหลัง ต้องการน้ำเพื่อการเจริญเติบโตประมาณ 800-1,400 มิลลิเมตรต่อฤดูกาล โดยเฉพาะในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต ซึ่งการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดปริมาณ 1,491 มิลลิเมตรตลอดฤดูปลูกสามารถเพิ่มผลผลิตสูงสุด ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Crop Coefficient, Kc) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการบริหารจัดการน้ำสำหรับมันสำปะหลัง ค่าที่แนะนำโดยองค์การอาหาร และการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้แบ่งระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ออกเป็น 4 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 (0-150 วัน) เป็นระยะที่มันสำปะหลังอยู่ในระยะงอกมีการพัฒนาการในส่วนของทรงพุ่ม การแตกกิ่ง มีการเจริญเติบโต ทางลำต้นและมีการพัฒนารากส่วนหนึ่งไปเป็นรากสะสมอาหาร หากได้รับปัจจัยการผลิต เช่น ธาตุอาหาร และน้ำ

อย่างพอเพียงจะทำให้มันสำปะหลังมีผลผลิตเพิ่มขึ้นระยะที่ 2 (151-190 วัน) เป็นระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น และขยายขนาดรากสะสมอาหารระยะที่ 3 (191-300 วัน) เป็นระยะที่มีการสะสมอาหาร มีการลำเลียงแป้งไปเก็บไว้ในส่วนหัว ระยะที่ 4 (301-360 วัน) เป็นระยะที่ชะลอการเจริญเติบโตและมีการทิ้งใบ ปริมาณแป้งในหัวจะเพิ่มขึ้น และมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) เป็น 0.3, 0.3-1.1, 1.1 และ 0.5 ตามลำดับ (Allen *et al.*, 1998) การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำนี้ช่วยให้สามารถคำนวณปริมาณน้ำที่จำเป็นในการให้น้ำในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ในประเทศไทยการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสำหรับมันสำปะหลังอยู่ในช่วง 0.4-1.2 ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและเทคนิคการให้น้ำที่ใช้ พบว่าการใช้น้ำหยดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้สูงขึ้น ในระบบเกษตรกรรมแม่นยำ การใช้ระบบน้ำหยดถือว่าการให้น้ำแม่นยำเนื่องจากสามารถควบคุมอัตราและระยะเวลาการให้น้ำได้ (Sarma, 2016) งานวิจัยในประเทศไนจีเรียโดย Odubango *et al.* (2011) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในมันสำปะหลังมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม และเมื่อใช้ระบบชลประทานที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตได้สูงถึง 35% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอาศัยน้ำฝน งานวิจัยในประเทศบราซิลพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการเก็บรักษาน้ำในดิน โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สามารถช่วยให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้นและทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังดีขึ้น (Pereira *et al.*, 2012)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินช่วยในการติดตามและจัดการน้ำตามค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างเหมาะสมและลดการสูญเสีย น้ำ ความสำคัญ of ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำกับการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง ช่วยในการคำนวณปริมาณน้ำที่เหมาะสม ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำช่วยให้เกษตรกรสามารถกำหนดปริมาณน้ำที่ต้องการในแต่ละระยะการเจริญเติบโตได้อย่างแม่นยำ การให้น้ำในปริมาณที่เหมาะสมช่วยให้พืชได้รับน้ำเพียงพอในช่วงเวลาเหมาะสมกับการเจริญเติบโต ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาของพืช และลดความสูญเสียจากการขาดน้ำช่วงที่สำคัญของการเจริญเติบโต เช่น หากขาดน้ำในระยะสะสมอาหาร จะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก ดังนั้นการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำจะช่วยให้เกษตรกรรู้ว่าเมื่อใดที่ต้องให้น้ำเพิ่ม เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น (Connor and Cock, 1981) การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการจัดการน้ำที่ดีขึ้น โดยการปรับวิธีการให้น้ำ เช่น การใช้น้ำหยด ซึ่งเป็นการให้น้ำแบบประหยัดช่วยให้การใช้น้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดการสูญเสียที่ไม่จำเป็น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ ซึ่งการจัดการน้ำที่ดีตามค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำจะช่วยให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ส่งผลให้มีผลผลิตและคุณภาพของหัวมันสำปะหลังสูงขึ้น ซึ่งส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกร (Vilai *et al.*, 2001) การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสามารถช่วยเกษตรกรในการปรับตัวต่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง เช่น การจัดการน้ำในช่วงที่ฝนตกน้อยหรือฝนมากเกินไป ทำให้สามารถเพิ่มความมั่นคงในผลผลิตได้

การศึกษานี้มุ่งเน้นถึงการจัดการน้ำในแปลงมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 หรือ OMR45-27-76 ซึ่งเป็นผลผลิตจากการผสมพันธุ์เปิดของพันธุ์เกษตรกรศาสตร์ 50 ซึ่งมีความสามารถในการปรับตัวได้ดีต่อสภาพแวดล้อมและให้ผลผลิตสูง พันธุ์นี้เริ่มการวิจัยที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 และได้ทำการทดสอบในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศเป็นเวลา 13 ปี โดยมีลักษณะลำต้นสีเขียวเงิน สูงประมาณ 215 เซนติเมตร ใบแฉกกลางเป็นแบบ Lanceolate มีสีเขียวเข้ม ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,632 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 29.2% ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 1,355 กิโลกรัมต่อไร่ มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้ในระยะ 8 เดือน ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ เช่น ระยอง 5, 7, 72 และเกษตรกรศาสตร์ 50 เปอร์เซ็นต์แป้งสูง

พื้นที่ปลูกเหมาะสมสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง โดยเฉพาะในจังหวัดที่ให้ผลผลิตสูง เช่น ชัยนาท นครสวรรค์ ขอนแก่น

เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ โดยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำที่ได้จะถูกนำไปใช้คำนวณร่วมกับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง นำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดปริมาณความต้องการน้ำโดยใช้วิธีการแบบโมเดล (Model-based) พัฒนาเป็น Precision Irrigation (Figure 1) ซึ่งเป็นโครงสร้างของการให้น้ำแบบแม่นยำ (Precision Irrigation) กระบวนการทั้งหมดจะเก็บข้อมูลและประมวลผลบนระบบสมองกลฝังตัว (Embedded system) คำนวณปริมาณการให้น้ำกับพืช และยังสามารถคำนวณลดปริมาณน้ำที่ต้องให้ในแต่ละครั้ง ในกรณีที่ฝนตกไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช หรืองดการให้น้ำในกรณีที่ฝนตกเกินกว่าปริมาณน้ำที่พืชต้องการ อีกทั้งยังสามารถให้น้ำโดยใช้ระบบอัตโนมัติ ลดภาระในการให้น้ำของเกษตรกร นำไปสู่การผลิตพืชผลที่มีประสิทธิภาพและส่งเสริมการใช้น้ำอย่างยั่งยืน

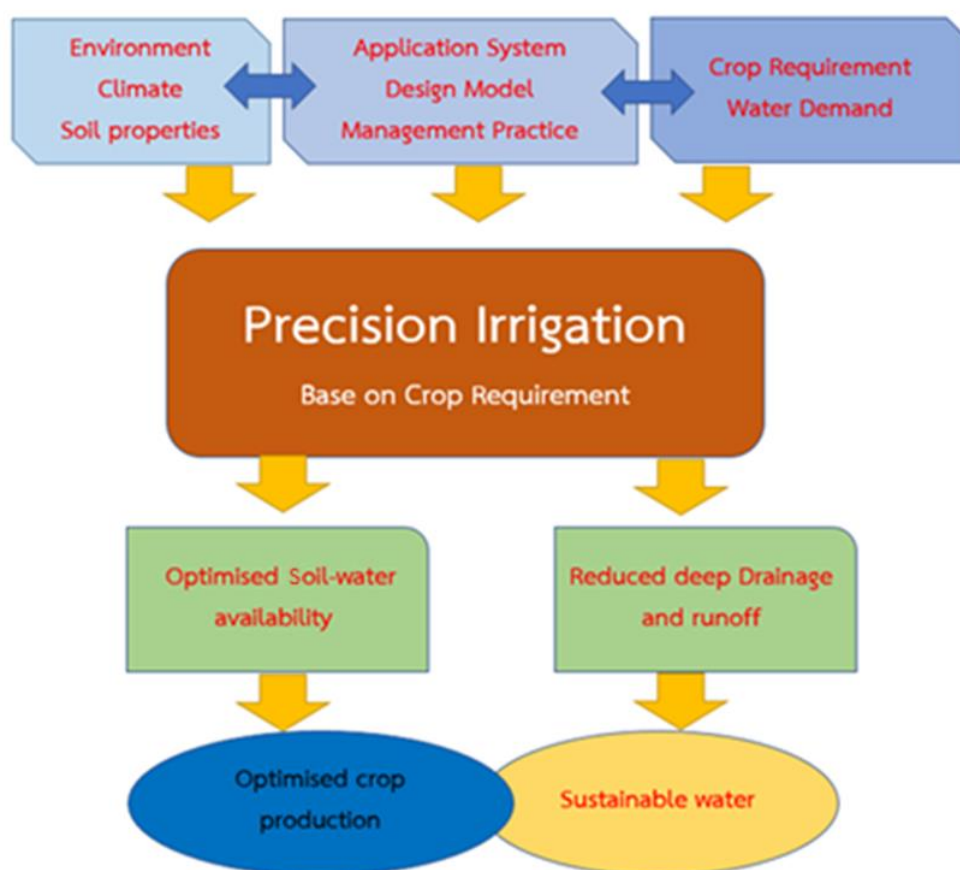


Figure 1 Concept model for precision irrigation

อุปกรณ์และวิธีการจัดการ

อุปกรณ์

1. พื้นที่ทดลอง 1 ไร่
2. ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 15
3. อุปกรณ์น้ำหยด ได้แก่ ท่อน้ำหยดพีอี สายน้ำหยด หัวน้ำหยด ป้อนน้ำ
4. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ 46-0-0, 18-46-0, 0-0-60
5. สารเคมีกำจัดวัชพืชตามชนิดของวัชพืชที่ระบาดในพื้นที่
6. อุปกรณ์วัดการเจริญเติบโต ได้แก่ Venire caliper และไม้วัดความสูง
7. ถังน้ำ ท่อ PVC สายน้ำหยด หัวน้ำหยด มาตรฐาน
8. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ กระบอกสแตนเลสเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนดิน (Undisturbed core sampler) ชุดตอกดินสแตนเลสที่ใช้คู่กับกระบอกสแตนเลสเก็บตัวอย่างดิน ท่อเจาะดินสแตนเลสยาว 1 เมตร ค้อนทองแดง เป็นต้น

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block 5 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

1. ไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน)
2. ให้น้ำ 12.5% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC)
3. ให้น้ำ 25.0% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC)
4. ให้น้ำ 37.5% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC)
5. ให้น้ำ 50.0% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC)

หมายเหตุ คำนวณปริมาณความชื้นดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร สำหรับวิธีการให้น้ำ ใช้ระบบน้ำหยด เก็บตัวอย่างดินเพื่อคำนวณความชื้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชก่อนให้น้ำตามกรรมวิธีทุก 7 วัน

ดำเนินการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลปี พ.ศ. 2565-2567 จำนวน 2 รอบการผลิต คัดเลือกพื้นที่ทำการทดลองในดินทราย ซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของจังหวัดขอนแก่น วิเคราะห์ลักษณะหน้าตัดดิน ได้แก่ ความลึกของหน้าตัดดิน ความหนาของชั้นดิน ความหนาแน่นรวมของดิน เนื้อดิน และอัตราการแทรกซึมน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ หน่วยทดลองใช้แปลงปลูกมันสำปะหลังขนาดแปลงย่อยขนาด 8x10 เมตร ระยะปลูก 1x1 เมตร โดยมีหน่วยตัวอย่าง (Sampling unit) ในแต่ละแปลงทดลอง มีการเก็บข้อมูลตัวอย่างจากพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 36 ตารางเมตร (6 แถว แถวยาว 6 เมตร) ภายใต้โมเดลแบบกำหนด (Fixed model) เนื่องจากระดับการให้น้ำถูกกำหนดไว้ชัดเจนล่วงหน้า (5 กรรมวิธี) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังจากปลูกมันสำปะหลังใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการให้น้ำแบบหยด ในกรรมวิธีที่มีการให้น้ำ เก็บตัวอย่างดิน ภายในระดับความลึก 60 เซนติเมตร ตามความหนาของชั้นหน้าดิน ทุก 7 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์

ความชื้นของดินก่อนการให้น้ำ การคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงใช้วิธีการของ Blaney-Criddle โดยใช้สมการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ETo} &= p(0.46T_{\text{mean}}+8) & (1) \\ \text{โดย } p &\text{ คือ } \text{เปอร์เซ็นต์ประจำวันเฉลี่ยของชั่วโมงกลางวันทั้งหมดในระยะ 1 ปี} \\ T_{\text{mean}} &\text{ คือ } \text{ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (°ซ.)} \\ T_{\text{mean}} &= (T_{\text{max}} + T_{\text{min}})/2 & (2) \\ \text{โดย } T_{\text{max}} &\text{ คือ } \text{อุณหภูมิสูงสุดรายวัน} \\ T_{\text{min}} &\text{ คือ } \text{อุณหภูมิต่ำสุดรายวัน} \end{aligned}$$

Table 1 Mean daily percentage (p) of annual daytime hours for different latitudes

Latitude	Month												
	North	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
20		0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
16		0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
15		0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันเป็นค่าหลัง (Kc) จากปริมาณน้ำที่พืชใช้จริง (ETc) และค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) จาก $Kc = ETc / ETo$ โดยคำนวณทุก ๆ 7 วัน

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ดิน

ปีการผลิต พ.ศ. 2565/2566 แปลงทดลองจังหวัดขอนแก่น ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 ช่วงปลายฤดูฝน ในวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2565 ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่าดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.4 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ 0.65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง 55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง 55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.6 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ 0.55 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง 62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง 68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อัตราปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 16-2-8 N-P₂O₅-K₂O กก./ไร่ (Table 2)

Table 2 Characteristics of Warin series at Khon Kaen province before planting cassava in 2022/2023 rainy season

Soil depth (cm)	pH ¹ (soil:water 1:1)	Organic ² matter (%)	Available P ³ (mg/kg)	Exchangeable K ⁴ (mg/kg)
0-20	5.4	0.65	55	55
20-50	5.6	0.55	62	68

¹Peech (1965) soil: water=1:1; ²Walkley and Black (1934); ³Bray and Kurtz (1945); ⁴Schollenberger and Simon (1945)

ปีการผลิต พ.ศ. 2566/2567 แปลงทดลองจังหวัดขอนแก่น ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 ช่วงปลายฤดูฝน ในวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่าดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.9 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ 0.61 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง 65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง 45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.66 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง 62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 3) อัตราการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 16-2-8 N-P₂O₅-K₂O กก./ไร่

Table 3 Characteristics of Warin series at Khon Kaen province before planting cassava in 2022/2023 rainy season

Soil depth (cm)	pH ¹ (soil:water 1:1)	Organic ² matter (%)	Available P ³ (mg/kg)	Exchangeable K ⁴ (mg/kg)
0-20	5.9	0.61	65	45
20-50	5.5	0.66	40	62

¹Peech (1965) soil: water=1:1; ²Walkley and Black (1934); ³Bray and Kurtz (1945); ⁴Schollenberger and Simon (1945)

การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังจากการทดลอง

ปี พ.ศ. 2565/2566 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่มีการให้น้ำแตกต่างกัน เมื่อวัดความสูงที่อายุ 4-6 เดือน พบว่าทุกกรรมวิธีมีความสูงไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่เมื่อวัดความสูงที่อายุ 8 เดือน กรรมวิธีให้น้ำ 25% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC) มีความสูงมากที่สุด 213 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของความสูงเมื่ออายุ 10 เดือน (Table 4)

Table 4 High (cm) of Rayong 15 at 4-10 months planting on Warin series at Khon Kaen Province in 2022/2023 Dry Season

Treatment	Hight (cm)			
	4 months	6 months	8 months	10 months
No water	101	170	210 ab	225
12.5% AWC	99	159	193 b	203
25.0% AWC	101	166	213 a	209
37.5% AWC	104	168	206 ab	207
50.0% AWC	104	172	208 ab	217
F-Test	ns	ns	*	ns
CV (%)	5.8	8.02	6.27	7.54

ปี พ.ศ. 2566/2567 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่มีการให้น้ำแตกต่างกัน เมื่อวัดความสูงที่อายุ 4-8 เดือน พบว่าทุกกรรมวิธีมีความสูงไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยเมื่อวัดความสูงที่อายุ 4 เดือน กรรมวิธีให้น้ำ 50% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC) มีแนวโน้มให้ความสูงมากที่สุด 81 เซนติเมตร และเมื่อวัดความสูงที่อายุ 8 เดือน กรรมวิธีให้น้ำ 12.5% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC) มีแนวโน้มให้ความสูงมากที่สุด 192 เซนติเมตร (Table 5)

Table 5 High of Rayong 15 at 4-10 months planting on Warin series at Khon Kaen province in 2023/2024 dry season

Treatment	Hight (cm)	
	4 months	8 months
No water	65	174
12.5% AWC	78	192
25.0% AWC	76	171
37.5% AWC	79	177
50.0% AWC	81	173
F-Test	ns	ns
CV (%)	11.65	8.14

ผลผลิต เปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตแป้ง และดัชนีเก็บเกี่ยว

ปี พ.ศ. 2565/2566 ดำเนินการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังเมื่ออายุ 11 เดือน พบว่าการให้น้ำที่ 12.5% AWC ให้ผลผลิตมากที่สุด 7,517 กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ในส่วนของเปอร์เซ็นต์แป้งในกรรมวิธีอาศัยน้ำฝน ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 24.5% แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น และทำให้ผลผลิตแป้งไม่แตกต่างกันในทางสถิติเช่นเดียวกัน รวมถึงดัชนีเก็บเกี่ยวก็ไม่มี ความแตกต่างในทางสถิติ (Table 6)

Table 6 Yield and yield Component of Rayong 15 at 11 months planting on Warin series at Khon Kaen province in 2022/2023 dry season

Treatment	Height (cm)	Yield (kg/rai)	% Starch (%)	Starch yield (kg/rai)	HI
No water	230	6,889	24.5	1,676	0.66
12.5% AWC	208	7,517	22.5	1,691	0.69
25.0% AWC	214	7,134	23.3	1,661	0.71
37.5% AWC	217	7,198	24.3	1,759	0.68
50.0% AWC	234	6,535	23.2	1,506	0.67
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8.14	13.8	9.9	18.57	7.76

ปี 2566/2567 เมื่อเก็บผลผลิตที่อายุ 11 เดือน พบว่าการให้น้ำในทุกกรรมวิธีไม่มีผลทำให้ความสูง เปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตแป้ง และดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ผลผลิตหัวสดในกรรมวิธีที่ให้น้ำ 37.5% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินให้ผลผลิตมากที่สุด 6,370 กก./ไร่ แตกต่างกับกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (Table 7)

Table 7 Yield and yield Component of Rayong 15 at 10 months planting on Warin series at Khon Kaen province in 2023/2024 dry season

Treatment	Height (cm)	Yield (kg/rai)	% Starch (%)	Starch yield (kg/rai)	HI
No Water	222	4,360 b0	20.9	911	0.60
12.5% AWC	195	4,760 b0	22.1	1,066	0.64
25.0% AWC	207	4,950 ab	22.0	1,093	0.65

Table 7 (Continued)

Treatment	Height (cm)	Yield (kg/rai)	% Starch (%)	Starch yield (kg/rai)	HI
37.5% AWC	209	6,370 a0	21.2	1,381	0.66
50.0% AWC	206	5,940 ab	19.6	1,155	0.64
F-Test	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	12.39	19.59	13.25	27.78	10.18

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

จากผลการทดลองแปลงทดลองจังหวัดขอนแก่นในปี พ.ศ. 2565/2566 ผลผลิตของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ จึงได้ใช้ข้อมูลจากการทดลองในปี พ.ศ. 2566/2567 ปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูก 1,204 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตก 100 วัน โดยปริมาณน้ำฝนไม่ได้กระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก มีช่วงที่ฝนตกหนักและบางช่วงฝนทิ้งช่วง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 มีปริมาณการใช้น้ำสะสม 1,204-1,465 มิลลิเมตร (Figure 2)

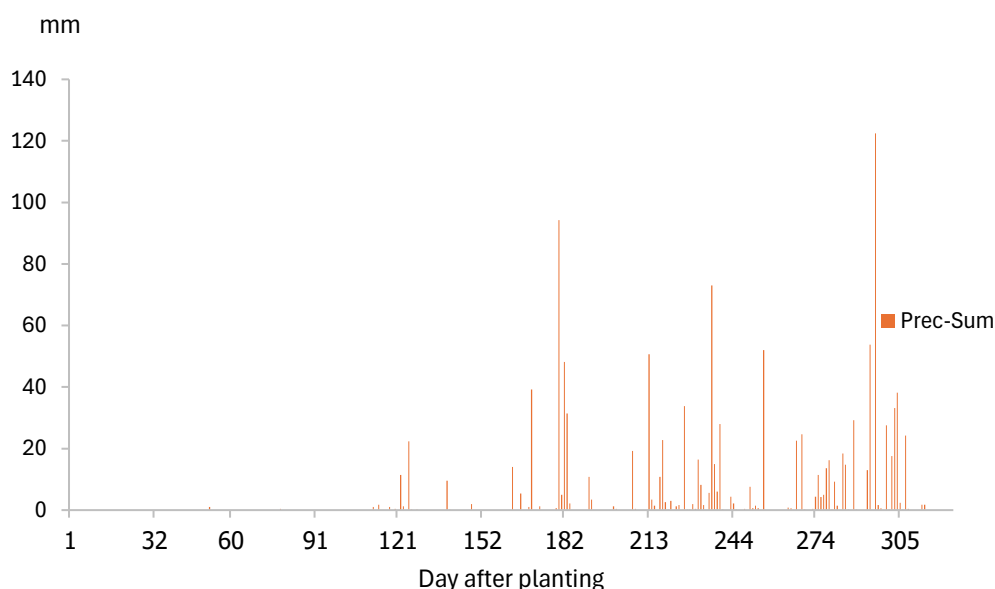


Figure 2 The total rainfall throughout the growing season (1,204 millimeters, with 100 rainy days)

ผลการทดลองที่ได้ผลผลิตมันสำปะหลังจากการให้น้ำที่ระดับความชื้นแตกต่างกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ กรรมวิธีที่ให้น้ำ 37.5% AWC ให้ผลผลิตมากที่สุดแตกต่างในทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น โดยให้ผลผลิต 6,370 กก./ไร่ นำปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำโดยอ้างอิงจากค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงของ Blaney-Criddle ตามอายุมันสำปะหลัง (X,วัน) โดยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (K_c) เมื่อ X ค่าจำนวนวันหลังปลูก

$$K_c = (-1.191 \times 10^{-7} X^3) + (-6.287 \times 10^{-6} X^2) + (4.801 \times 10^{-3} X) + (0.75383) \quad (R^2 = 0.72^*)$$

จากสมการ (Figure 4) สามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 เฉลี่ย 0.43, 0.82, 1.01 และ 0.75 ที่ระยะที่ 1 (0-150 วัน) ระยะงอกมีการพัฒนาการในส่วนของการงอก การแตกกิ่งระยะที่ 2 (151-190 วัน) เป็นระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น และขยายขนาดรากสะสมอาหาร ระยะที่ 3 (191-300 วัน) เป็นระยะที่มีการสะสมอาหาร ระยะที่ 4 (301-360 วัน) เป็นระยะที่ชะลอการเจริญเติบโตและมีการทิ้งใบ ปริมาณแป้งในหัวจะเพิ่มขึ้น (Allen *et al.*, 1998) (Figure 3-4)

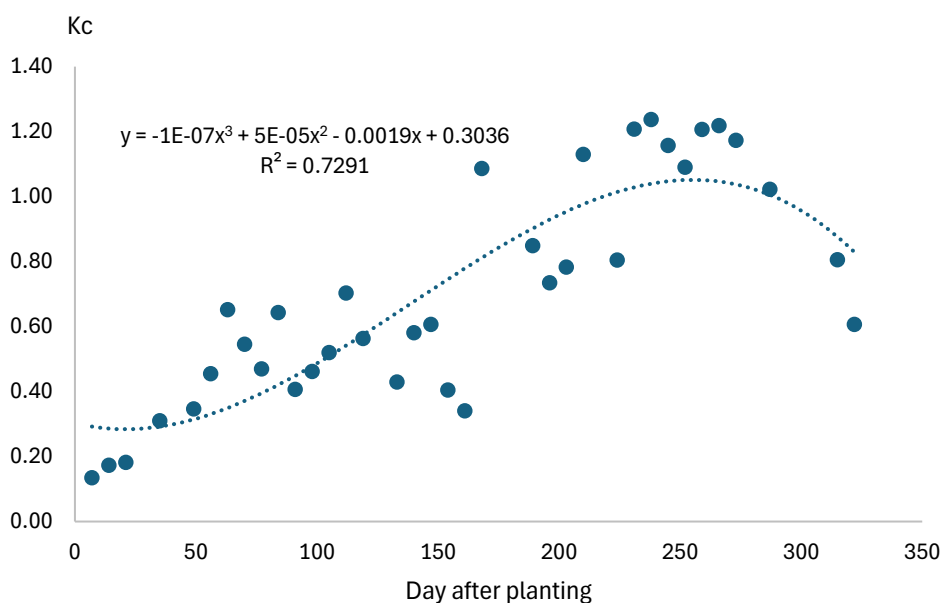


Figure 3 The equation for the crop coefficient (K_c) of cassava variety Rayong 15.

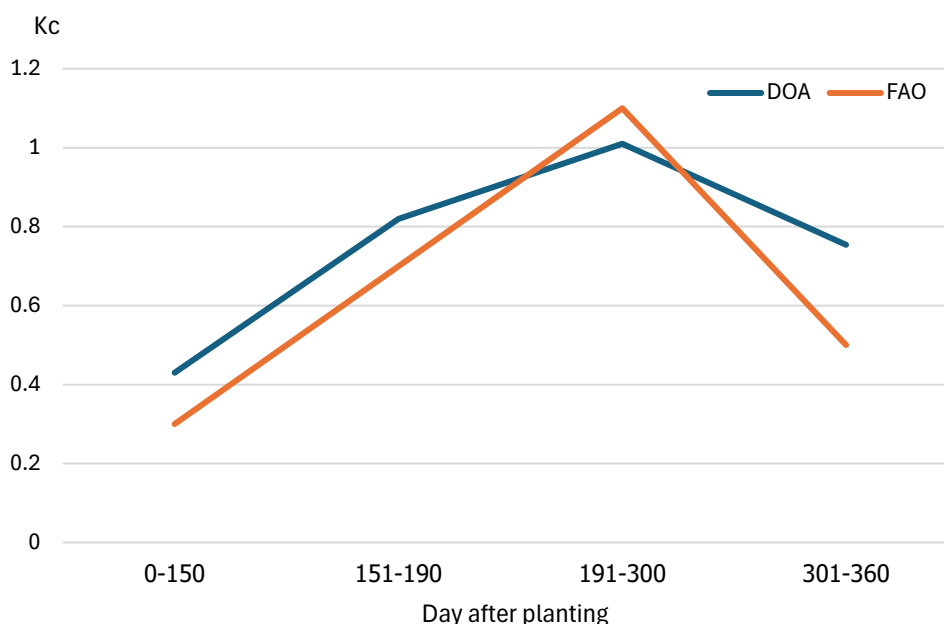


Figure 4 Comparison of the water use coefficients (Kc values) of Rayong 15 cassava variety and FAO values

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 3-4 ตันต่อไร่ ขึ้นอยู่กับพื้นที่และวิธีการเพาะปลูก การให้น้ำ และการจัดการน้ำมีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง เนื่องจากพืชชนิดนี้ตอบสนองต่อความชื้นในดินได้ดี (FAO, 2013) การทดลองที่กล่าวถึงแสดงให้เห็นว่าการจัดการน้ำอย่างเหมาะสมโดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยะ 15 ให้ผลผลิตสูงถึง 6.3 ตันต่อไร่ ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยปกติที่พบในพื้นที่ทั่วไป แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้เทคนิค การจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิต และเมื่อนำข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมาสร้างเป็นค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ ร่วมกับค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงของ Blaney-Criddle จะได้ $Kc = (-1.191 \times 10^{-7} X^3) + (-6.287 \times 10^{-6} X^2) + (4.801 \times 10^{-3} X) + (0.75383)$ เมื่อ X ค่าจำนวนวันหลังปลูก และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของ FAO พบว่า ในระยะที่ 1 ค่า KC ที่คำนวณได้สูงกว่าค่าที่ FAO แนะนำ (0.43 เทียบกับ 0.3) อาจเกิดจากความแตกต่าง ในปัจจัยสภาพแวดล้อมหรือการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันของพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง ระยะที่ 2 ค่า KC ที่คำนวณได้อยู่ในช่วงที่ FAO แนะนำ (0.82 เทียบกับช่วง 0.3-1.1) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องในช่วงนี้ระยะที่ 3 ค่า KC ที่คำนวณได้ (1.01) ใกล้เคียงกับค่า FAO (1.1) ซึ่งบ่งบอกถึงความแม่นยำของสมการการถดถอยในระยะ การเจริญเติบโตนี้ ในระยะที่ 4 ค่า KC ที่คำนวณได้สูงกว่าค่าที่ FAO แนะนำ (0.75 เทียบกับ 0.5) อาจเกิดจากความแตกต่าง ในปัจจัยสภาพแวดล้อมหรือการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันของพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อมูลนี้ยังคงช่วยให้สามารถวางแผนการจัดการน้ำเพิ่มผลผลิตสำหรับมันสำปะหลังของประเทศไทยได้อย่างเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

การให้น้ำเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง แต่การให้น้ำอย่างถูกต้องตรงตามความต้องการของมันเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทราบถึงความต้องการน้ำในแต่ละช่วงอายุ เกษตรกรรุ่นใหม่สามารถประยุกต์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำร่วมกับข้อมูลอากาศซึ่งสามารถหาได้โดยทั่วผ่านช่องทางออนไลน์จากหน่วยงานภาครัฐ เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่ให้บริการผ่านสมาร์ตโฟน นำมาคำนวณเป็นค่าความต้องการน้ำในแต่ละวัน ให้น้ำผ่านอุปกรณ์ IOT หรืออาจนำไปพัฒนาเป็น Precision irrigation โดยแนะนำให้ใช้ในระบบน้ำหยดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณปี พ.ศ. 2565-2566 สำหรับดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper No.56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 300 p.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Science** 59: 39-45.
- Charoenrath, S. 2008. **Does cassava destroy the soil?** [Online]. Available https://web.sut.ac.th/cassava/?name=11cas_research&file=readknowledge&id=60 (October 1, 2024). [in Thai]
- Connor, D.J. and J.H. cock. 1981. Response of cassava to water shortage II. canopy dynamics. **Field Crops Research** 4: 285-296.
- Odubango, O.O., A.A. Olufayo, and P.G. Oguntunde. 2011. Water use, growth and yield of drip irrigated cassava in a humid tropical environment. **Soil and Water Research** 6: 10-20.
- Peech, M. 1965. Hydrogen Ion Activity. pp. 914-926. In Black, C.A. (eds). **Methods of Soil Analysis Part 2**. Madison: American Society of Agronomy.
- Pereira, L.S., I. Cordery and I. Iacovides. 2012. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural Water Management** 108: 39-51.

- Schollenberger, C.L. and R.H. Simon. 1945. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil-ammonium acetate method. **Soil Science** 59: 13-24.
- Vilai, S., K. Kanjana, C. Sunee, P. Kuakoon, S. Klanarong and G.O. Christopher. 2001. Impact of water stress on yield and quality of cassava starch. **Industrial Crops and Products** 13(2): 115-129. [in Thai]
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science** 37: 29-37.

ความหลากหลายของพืชและมวลชีวภาพระหว่างหย่อมป่า ป่าฟื้นฟู และสวนหลังบ้าน
ในพื้นที่บ้านสบปิ่น ตำบลห้วยโก๋น อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน
Plant Species Diversity and Biomass between Remnant forest, Restored Forests
and Home Garden at Sop Puen Village, Huai Kon Sub-district
Chaloem Phra Kiat District, Nan Province

อุทัย โลห์ทอง^{1*} ธนากร ลัทธธีระสุวรรณ¹ ภัทรพร ผูกคล้าย² ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด²
สุทธิดา ยอดแก้ว¹ ศิริรัตน์ สมประโคน¹ และณัฐวดี ข้อยคำ¹

Uthai Lothong^{1*}, Thanakorn Lattirasuvan¹, Pattraporn Pukklay², Thanyarat Chuesaard²
Sutthida Yotkaew¹, Sirirat Somprakon¹, and Nattawadee Khorkha¹

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

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

²Program in Basic Science, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: mju6608301018@mju.ac.th

Abstract

The study of plant diversity and biomass was conducted by selecting plot locations using a Stratified Random Sampling method to set up sample plots for data collection on plant diversity and biomass analysis in the forest patches (remaining natural forest areas), restored forest (income-generating forest restoration project), and backyard gardens in Ban Sop Buean, Huai Koan sub-district, Chalerm Phra Kiat district, Nan province, with three plots per area. The results revealed that the forest patch area exhibited the highest plant species diversity, with a total of 40 species, 35 genera, and 24 families, resulting in a species diversity index of 3.21. The tree communities in this area had an overall large tree cross-sectional area of 6.25 square meters per hectare, a tree density of 241 trees per hectare, and the five most prominent species, based on the importance value index, were Padouk (*Pterocarpus macrocarpus*), Siamese Olive (*Canarium subulatum*), Lithocarpus (*Lithocarpus ceriferus*), Shorea Siamensis (*Shorea siamensis*), and Black Dalbergia (*Dalbergia cultrata*), with importance values of 25.89, 27.19, 23.81, 23.42 and 14.79%, respectively. The biomass values for trees in the forest patch, restored forest,

and backyard garden areas were 99.82, 19.97, and 21.57 tons per hectare, respectively. This study provides valuable data for the management of forest restoration and conservation areas, which are important natural resources in Thailand.

Keywords: biodiversity, biomass, remnant forest, forest restoration, home gardens

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของพืชและมวลชีวภาพ คัดเลือกพื้นที่วางแปลงด้วยวิธี Stratified Random Sampling เพื่อวางแปลงตัวอย่างทำการเก็บข้อมูลความหลากหลายของพืชและวิเคราะห์มวลชีวภาพในพื้นที่ห้วยอมป่า (พื้นที่ป่าดั้งเดิมที่เหลืออยู่) ป่าพื้นฟู (โครงการสร้างป่าสร้างรายได้) และสวนหลังบ้าน ในพื้นที่บ้านสบปิ่น ตำบลห้วยโก๋น อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน พื้นที่ละ 3 แปลง ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ห้วยอมป่ามีความหลากหลายชนิดของพรรณไม้มากที่สุด พบชนิดไม้ทั้งหมด 40 ชนิด 35 สกุล 24 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.21 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้ใหญ่โดยรวมเท่ากับ 6.25 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ มีความหนาแน่นของไม้ใหญ่เท่ากับ 241 ต้นต่อเฮกตาร์ และพบชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรก ได้แก่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) มะกอก (*Lithocarpus ceriferus*) รัง (*Shorea siamensis*) และเก็ดดำ (*Dalbergia cultrata*) มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับร้อยละ 25.89, 27.19, 23.81, 23.42 และ 14.79 ตามลำดับ ปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ในพื้นที่ห้วยอมป่า ป่าพื้นฟู และสวนหลังบ้าน มีค่าเท่ากับ 99.82, 19.97 และ 21.57 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ จากการศึกษาจะเป็นข้อมูลในการจัดการพื้นที่ในการฟื้นฟูและการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ที่เป็นแหล่งทรัพยากรที่มีคุณค่าของประเทศไทย

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางชีวภาพ มวลชีวภาพ ห้วยอมป่า ป่าพื้นฟู สวนหลังบ้าน

คำนำ

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญของโลกเนื่องจากป่าไม้เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนขนาดใหญ่ของโลก และต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศแล้วมาเก็บสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพทั้งในส่วนของเนื้อไม้และใต้ดิน ทำให้คาร์บอนมีการตรึงไว้ในต้นไม้จนกว่าจะมีการตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่ไป ทั้งนี้ต้นไม้ยังช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศและช่วยบรรเทาความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ (Forest Land Management Office, 2014) ประเทศไทยในอดีตมีป่าไม้ปกคลุมอย่างอุดมสมบูรณ์ แต่จากการเพิ่มขึ้นของประชากร ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม ทำให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรป่าไม้และพื้นที่เพื่อการเกษตรมากขึ้น เป็นเหตุให้มีการบุกรุกทำลายป่าไม้มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะการบุกรุกทำลายป่าในพื้นที่ต้นน้ำหรือพื้นที่สูง รวมทั้งไฟป่าที่เกิดจากการเผาป่าทำไร่ ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อมตามมา ไม่ว่าจะเป็นภัยธรรมชาติต่าง ๆ การขาดแคลนพื้นที่ป่าไม้ทำให้เมื่อฝนตกหนักมักจะมีน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มลงมา เมื่อเข้าสู่

ฤดูแล้งมักจะเกิดการขาดแคลนน้ำและระบบนิเวศเสียสมดุล จากสภาพดังกล่าว สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงห่วงใยราษฎรที่ได้รับผลกระทบ จึงพระราชทานพระราชดำริให้ดำเนินการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ที่เหลืออยู่ให้คงไว้ และฟื้นฟูส่วนที่เสื่อมโทรมให้กลับมาสมบูรณ์ดังเดิมโดยเฉพาะพื้นที่ป่าต้นน้ำ ทั้งนี้ให้มีการปลูกป่าเพื่อการอนุรักษ์และปลูกพืชเกษตรสำหรับไว้บริโภคภายในครัวเรือน การสร้างป่า สร้างรายได้จึงเป็นแนวทางฟื้นฟูป่าต้นน้ำลำธารที่ถูกทำลาย ให้ประชาชนรักษาป่า ฟื้นฟูป่า และอยู่กับป่าได้อย่างเกื้อกูล สร้างจิตสำนึกด้วยกระบวนการศึกษา รวมทั้งการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้แก่ประชาชนตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงภาคป่าไม้ (HRH Project, 2018) ทางกรมป่าไม้จึงได้ดำเนินโครงการสร้างองค์ความรู้หลาย ๆ ด้านเพื่อให้การดำเนินงานไปตามเป้าหมาย และมีบทบาทสำคัญต่อการมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน แต่เนื่องจากตั้งแต่เริ่มโครงการยังไม่มีมีการสำรวจและศึกษาความหลากหลายของพืชและปริมาณมวลชีวภาพ การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของพืชและปริมาณมวลชีวภาพของพื้นที่ห้วยมป่า ป่าฟื้นฟู และสวนหลังบ้าน เพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการจัดการพื้นที่และในครั้งต่อไปหากต้องการทราบถึงการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพในพื้นที่ อันเป็นประโยชน์ต่อการฟื้นฟูและการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ที่เป็นแหล่งทรัพยากรที่มีคุณค่าของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บข้อมูล

คัดเลือกพื้นที่วางแผนด้วยวิธีการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) จากประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อวางแผนตัวอย่างทำการเก็บข้อมูลความหลากหลายของพืช ในพื้นที่ห้วยมป่า (พื้นที่ป่าดั้งเดิมที่เหลืออยู่มีสภาพป่าเป็นป่าผสมผลัดใบ) ป่าฟื้นฟู (โครงการสร้างป่าสร้างรายได้ที่ได้รับการปลูกฟื้นฟูพื้นที่เขาหัวโล้นไร่ข้าวโพดและไร่มันสำปะหลังด้วยไม้ผลกินได้เป็นระยะเวลา 10 ปี) และสวนหลังบ้าน (พื้นที่สวนบริเวณบ้านที่ปลูกมาแล้วมากกว่า 50 ปี) พื้นที่ละ 3 แปลง การวางแผนศึกษาการวางแผนสำรวจและเก็บข้อมูลสำหรับโครงการประเภทป่าไม้ของขนาดแปลงตัวอย่างที่ TGO (2016) แนะนำ คือ แปลงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40×40 เมตร (ขนาด 1 ไร่) ทั้งนี้ขนาดแปลงต้องไม่น้อยกว่า 1 ไร่ ซึ่งส่วนใหญ่มักใช้ขนาดของความสูงของต้นไม้ที่สูงที่สุดเป็นเกณฑ์ โดยแต่ละแปลงทำการวางแผนดังนี้

1. วางแปลงขนาด 40 เมตร × 40 เมตร ในพื้นที่ห้วยมป่า ป่าฟื้นฟู และสวนหลังบ้าน แต่ละพื้นที่จำนวน 3 แปลง ภายในแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร × 10 เมตร รวมเป็น 16 แปลงย่อย พร้อมทั้งแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 4 เมตร × 4 เมตร และ 1 เมตร × 1 เมตร บริเวณมุมใดมุมหนึ่งของแปลงย่อย

2. เก็บข้อมูลต้นไม้

ไม้ใหญ่ (Tree) วางแปลงย่อยขนาด 10 เมตร × 10 เมตร ทำการวัดความโตที่ระดับอก 1.30 เมตร (Diameter at breast height: DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 ซม. ความสูงทั้งหมด และขนาดความกว้างของทรงพุ่ม แปลงย่อยขนาด 4 เมตร × 4 เมตร

ลูกไม้ (Sapling) วัดความโตที่ระดับอก 1.30 เมตร น้อยกว่า 4.5 ซม.

กล้าไม้ (Seedling) แปลงขนาด 1 เมตร × 1 เมตร นับจำนวนกล้าไม้ (Seedling) ที่พบทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance value index, IVI) ดัชนีความหลากหลายชนิด (Species diversity index) โดยประยุกต์ใช้สมการของ Shannon–Wiener เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับและนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งในด้านการสำรวจทางพืชพรรณ มีสมการในการคำนวณที่อ้างโดย Kutintara (1999) ดังนี้

$$H' = - \sum p_i \ln (p_i)$$

โดย H' คือ ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด Shannon–Wiener index

p_i คือ สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นไม้ชนิด i ต่อจำนวนต้นไม้ทั้งหมด

2. วิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยสมการแอลโลเมตรีของป่าเบญจพรรณและเต็งรัง (Ogawa *et al.*, 1965) สมการดังนี้

$$W_S = 0.0396 (D_2H)0.933$$

$$W_B = 0.00349 (D_2H)1.03$$

$$W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1}$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

$$BGB = W_T (0.27)$$

3. มวลชีวภาพของไม้จากสมการของ Maki *et al.* (2008) สมการดังนี้

$$W_S = 0.141 (dbh)^{2.48}$$

$$W_B = 0.0715 (dbh)^{1.9}$$

$$W_L = 0.125 (dbh)^{0.68}$$

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความหลากหลายของพืช

ผลการศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่ห้วยมป่า ไม้ใหญ่ พบชนิดไม้ทั้งหมด 40 ชนิด 35 สกุล 24 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 3.21 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้ใหญ่โดยรวมเท่ากับ 6.25 ตร.ม./เฮกตาร์ มีความหนาแน่นของไม้ใหญ่เท่ากับ 335 ต้น/เฮกตาร์ (Table 1) และพบชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรก ได้แก่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) มะกอก (*Lithocarpus ceriferus*) รัง (*Shorea siamensis*) และเก็ดดำ (*Dalbergia cultrata*) มีค่าดัชนีค่าความสำคัญ เท่ากับร้อยละ 25.89, 27.19, 23.81, 23.42 และ 14.79 ตามลำดับ ไม้หนุม พบพรรณไม้ ทั้งหมด 7 ชนิด 7 สกุล 6 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 1.76 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้หนุมโดยรวมเท่ากับ 0.01 ตร.ม./เฮกตาร์ มีความหนาแน่นของไม้หนุมเท่ากับ 781 ต้น/เฮกตาร์ (Table 1) และพบชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรก ได้แก่ มะกอก (*Lithocarpus ceriferus*) เป้าหลวง (*Croton oblongifolius*) หนามแท่ง (*Catunaregam tomentosum*) แข็งกวาว (*Wendlandia tinctoria*) และมะเมี (*Antidesma puncticulatum*) มีค่าดัชนีค่าความสำคัญ เท่ากับร้อยละ 98.49, 50.70, 43.44, 32.71 และ 29.08 ตามลำดับ กล้าไม้ พบชนิดไม้ทั้งหมด 9 ชนิด 9 สกุล 6 วงศ์

มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 1.76 มีความหนาแน่นของกล้าไม้เท่ากับ 17,500 ต้น/เฮกตาร์ (Table 1) และพบชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรก ได้แก่ คำแสด (*Bixa orellana*) เปล้าหลวง (*Croton oblongifolius*) เถาว์ยาง (*Cryptolepis dubia*) มะกอก (*Lithocarpus ceriferus*) และมะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida*) มีค่าดัชนีค่าความสำคัญ เท่ากับร้อยละ 28.14, 27.71, 23.37, 23.31 และ 18.61 ตามลำดับ ส่วนไม้ในพื้นที่ห้วยมป่าปบไผ่ 2 ชนิด คือ ไผ่บง (*Bambusa nutans*) และไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata*) มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้ เท่ากับ 0.69 มีความหนาแน่น เท่ากับ 245 กอ/เฮกตาร์ (Table 1)

ผลการศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่ป่าฟื้นฟู ไม้ใหญ่ พบชนิดไม้ทั้งหมด 22 ชนิด 21 สกุล 16 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 1.92 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้ใหญ่โดยรวมเท่ากับ 1.68 ตร.ม./เฮกตาร์ มีความหนาแน่นของไม้ใหญ่เท่ากับ 585 ต้น/เฮกตาร์ (Table 1) และพบชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรก ได้แก่ ลำไย (*Paranephelium xestophyllum*) ส้มโอ (*Citrus maxima*) เงาะ (*Nephelium lappaceum*) มะม่วง (*Mangifera indica*) และส้มเสี้ยว (*Bauhinia malabarica*) มีค่าดัชนีค่าความสำคัญ เท่ากับร้อยละ 91.84, 58.99, 49.26, 31.07 และ 11.99 ตามลำดับ ไม้หนุม พบพรรณไม้ ทั้งหมด 4 ชนิด 4 สกุล 4 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 1.61 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้หนุมโดยรวมเท่ากับ 0.002 ตร.ม./เฮกตาร์ มีความหนาแน่นของ ไม้หนุมเท่ากับ 260 ต้น/เฮกตาร์ (Table 1) และพบชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ตั้วเต้าตัน (*Diospyros ehretioides*) ปออีเก้ง (*Pterocymbium tinctorium*) ส้มเสี้ยว (*Bauhinia malabarica*) และอีแป๊ะ (*Vitex quinata*) มีค่าดัชนีค่าความสำคัญ เท่ากับร้อยละ 74.34, 68.96, 55.11, 54.64 และ 46.92 ตามลำดับ กล้าไม้ พบชนิดไม้ทั้งหมด 9 ชนิด 9 สกุล 8 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 0.37 มีความหนาแน่นของกล้าไม้ เท่ากับ 8,333 ต้น/เฮกตาร์ (Table 1) และพบชนิดไม้ ได้แก่ กรมเขา (*Aporosa migricans*) มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 5.15 ส่วน กาสามปึก (*Vitex peduncularis*) ตะแบก (*Lagerstroemia floribunda*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) ฝรั่ง (*Psidium guajava*) เม่าสาย (*Antidesma sootepense*) ลำไย (*Paranephelium xestophyllum*) ส้มเสี้ยว (*Bauhinia malabarica*) และโอโวกาโด (*Persea americana*) มีค่าดัชนีความสำคัญ คือ 4.36 เท่ากัน ส่วนไม้ที่พบในแปลงป่าฟื้นฟู มี 3 ชนิด ได้แก่ ไผ่รวก (*Thyrsostachys Siamensis*) ไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata*) และไผ่หนาม (*Bambusa bambos*) มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้ เท่ากับ 0.76 มีความหนาแน่นเท่ากับ 47 กอ/เฮกตาร์ (Table 1)

Table 1 Plant communality in remnant forest

Community characters		Remnant forest	Forest restoration	Home garden
Tree	Number of species	40	22	25
	Shannon-Weiner index	3.21	1.92	2.65
	Basal area (m ² /ha)	6.25	1.68	2.42
	Stem density (stems/ha)	335	585	208
Sapling	Number of species	7	5	3
	Shannon-Weiner index	1.76	1.61	0.95
	Basal area (m ² /ha)	0.010	0.002	0.004
	Stem density (stems/ha)	781	260	260
Seedling	Number of species	9	9	1
	Shannon-Weiner index	1.76	0.37	0.24
	Stem density (stems/ha)	17,500	8,333	833
Bamboo	Number of species	2	3	1
	Shannon-Weiner index	0.69	0.76	0.36
	Stem density (stems/ha)	245	47	18

ผลการศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่สวนหลังบ้าน ไม้ใหญ่ พบชนิดไม้ทั้งหมด 25 ชนิด 22 สกุล 15 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.65 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้ใหญ่โดยรวมเท่ากับ 2.42 ตร.ม./เฮกตาร์ มีความหนาแน่นของไม้ใหญ่เท่ากับ 208 ต้น/เฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 0.69 มีความหนาแน่นเท่ากับ 245 กอ/เฮกตาร์ (Table 1) และพบชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรก ได้แก่ ขนุน (*Artocarpus heterophyllus*) ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis*) ฝรั่ง (*Psidium guajava*) มะขาม (*Tamarindus indica*) และมะม่วง (*Mangifera indica*) มีค่าดัชนีค่าความสำคัญ เท่ากับร้อยละ 45.65, 44.45, 29.46, 28.17 และ 21.29 ตามลำดับ ไม้หนุ่ม พบพรรณไม้ ทั้งหมด 3 ชนิด 3 สกุล 3 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 0.95 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้หนุ่มโดยรวมเท่ากับ 0.004 ตร.ม./เฮกตาร์ มีความหนาแน่นของไม้หนุ่มเท่ากับ 260 ต้น/เฮกตาร์ (Table 1) และพบชนิดไม้ ได้แก่ กาแฟ (*Coffea arabica*) ลำไย (*Dimocarpus longan*) และส้มโอ (*Citrus maxima*) กล้าไม้ พบชนิดไม้เพียง 1 ชนิด คือ ฝรั่ง (*Psidium guajava*) พื้นที่สวนหลังบ้าน พบไม้ 1 ชนิด คือ ไม้บง จากการศึกษาพืชในพื้นที่สวนหลังบ้านพบชนิดพืชส่วนมากเป็นไม้ผลยืนต้น และพืชเพื่อบริโภค เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lattirasuvan (2012) ได้ศึกษาความหลากหลายของพืชในสวนหลังบ้านจำนวน 16 สวนหลังบ้าน ในพื้นที่ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ พบชนิดพืช 168 ชนิด ประกอบไปด้วย ไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม และไม้อื่น ๆ ที่ใช้ประโยชน์เป็นพืชอาหาร และไม้ประดับ

มวลชีวภาพ

จากการประเมินมวลชีวภาพของพื้นที่ห้วยมป่า พบว่า มวลชีวภาพรวมของพรรณไม้ทุกชนิด มีค่าเท่ากับ 99.82 ตัน/เฮกตาร์ มีมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ 73.63 ตัน/เฮกตาร์ และในลูกไม้มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 0.03 ตัน/เฮกตาร์ (Table 2) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพืชที่มีมวลชีวภาพมากที่สุดในพื้นที่ห้วยมป่า 5 อันดับแรก ได้แก่ ประดู่มะกอก เกล็ดอ่อน กระบก รัง และก่อแพะ แต่ละชนิดมีค่ามวลชีวภาพเท่ากับ 19.80, 9.95, 8.54, 7.83 และ 5.44 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนมวลชีวภาพของไผ่ในพื้นที่ห้วยมป่ามีค่าเท่ากับ 26.15 ตัน/เฮกตาร์ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณมวลชีวภาพกับเบญจพรรณที่มีการศึกษาในพื้นที่ใกล้เคียงเคียงจากผลการศึกษาของ Kawinpolasa *et al.* (2023) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ป่าเบญจพรรณบริเวณในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง อำเภอกู่ช้าง จังหวัดน่าน มีมวลชีวภาพรวม (Total biomass) ของพรรณไม้ทุกชนิด คือ 423.01 ตัน/เฮกตาร์ ซึ่งในพื้นที่ห้วยมป่าของบ้านสบปิ่นที่ได้ทำการศึกษา มีมวลชีวภาพที่น้อยกว่ามากเป็นเพราะพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตงความสมบูรณ์ของป่า อายุของป่า ความหนาแน่นของต้นไม้ที่มากกว่า แต่มีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษา มวลชีวภาพรวมของพรรณไม้ทุกชนิดบริเวณป่าชุมชนหนองเม็ก อำเภอกู่ช้าง จังหวัดสระแก้ว ที่มีค่าเท่ากับ 54.55 ตัน/เฮกตาร์ ที่เป็นป่าถูกมนุษย์รบกวนจนป่ามีสภาพเสื่อมโทรม (Kanhom *et al.*, 2019) ปัจจัยต่าง ๆ จะส่งผลต่อปริมาณมวลชีวภาพ เช่น องค์ประกอบของสังคมพืช ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ

มวลชีวภาพของพื้นที่ป่าฝั้นฟู พบว่ามวลชีวภาพรวมของพรรณไม้ทุกชนิด มีค่าเท่ากับ 19.97 ตัน/เฮกตาร์ มวลชีวภาพของไม้ใหญ่ 9.09 ตัน/เฮกตาร์ และในลูกไม้มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 0.006 ตัน/เฮกตาร์ (Table 2) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพืชที่มีมวลชีวภาพมากที่สุดในพื้นที่ป่าฝั้นฟู 5 อันดับแรก ได้แก่ ลำไย ส้มโอ เงาะ มะม่วง และส้มเลี้ยว มีมวลชีวภาพแต่ละชนิดเท่ากับ 2.99, 2.62, 0.97, 0.65 และ 0.39 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนมวลชีวภาพของไผ่ในพื้นที่ป่าฝั้นฟูมีค่าเท่ากับ 10.87 ตัน/เฮกตาร์ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Somprakon *et al.* (2024) จากการประเมินมวลชีวภาพของพื้นที่ป่าฝั้นฟูที่มีอายุ 8 ปี พบว่า มวลชีวภาพรวม (Total biomass) ของพรรณไม้ทุกชนิด มีค่าเท่ากับ 216.45 ตัน/เฮกตาร์ โดยชนิดพืชที่มีมวลชีวภาพมาก 5 แรก ได้แก่ ชี้เหล็ก (*Senna siamea*) จามจุรี (*Samanea saman*) พญาสัตบรรณ (*Albizia lebbek*) สะตอ (*Parkia speciosa*) มะขามเทศ ซึ่งเป็นพืชวงศ์ถั่ว (Fabaceae) ที่เป็นไม้โตเร็ว ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ที่ทำการศึกษายู่ที่เป็นไม้ผลโตช้า ดังนั้นการศึกษาดัชนีผลผลิตของปัจจัยแวดล้อมในหลาย ๆ ด้าน จะทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของมวลชีวภาพของต้นไม้ หากมีการจัดการดูแลและการอนุรักษ์พื้นที่ป่าที่มีประสิทธิภาพจะช่วยส่งเสริมให้ต้นไม้ขนาดเล็กเจริญเติบโตเป็นไม้ขนาดใหญ่และมีปริมาณมวลชีวภาพที่มากขึ้น

มวลชีวภาพของพื้นที่สวนหลังบ้าน พบว่ามวลชีวภาพรวมของพรรณไม้ทุกชนิด มีค่าเท่ากับ 21.57 ตัน/เฮกตาร์ มวลชีวภาพของไม้ใหญ่ 18.21 ตัน/เฮกตาร์ และในลูกไม้มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 0.01 ตัน/เฮกตาร์ (Table 2) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพืชที่มีมวลชีวภาพมากที่สุดในพื้นที่ป่าฝั้นฟู 5 อันดับแรก ได้แก่ ขนุน มะขาม ลิ้นจี่ มะกอก และมะม่วง แต่ละชนิดมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 6.98, 3.67, 2.14, 1.51 และ 1.37 เท่ากับ 62.76 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ มวลชีวภาพของไผ่ในพื้นที่ป่าฝั้นฟูมีค่าเท่ากับ 3.35 ตัน/เฮกตาร์ (Table 2)

จากผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ห้วยมป่ามีปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้มากที่สุด เนื่องจากพื้นที่ป่าดั้งเดิมที่มีต้นไม้ใหญ่เหลืออยู่มีสภาพป่าเป็นป่าผสมผลัดใบ รองลงมา คือ สวนหลังบ้าน และพื้นที่ป่าพื้นฟู มีปริมาณมวลชีวภาพรวมใกล้เคียงกันเนื่องจากทั้งสองพื้นที่นั้นมีการปลูกพืชที่คล้ายกัน ส่วนมากจะเป็นไม้ผลที่ใช้บริโภคและไม้เพื่อใช้ประโยชน์ที่มีอายุการปลูกมาตั้งแต่ 1 ถึงมากกว่า 50 ปี ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้านี้จะเห็นได้ว่าในพื้นที่ของป่าพื้นฟูที่ปลูกพื้นฟูด้วยไม้ผลและไม้ป่าบาง ชนิดแต่พบไม้ป่าที่ไม่ได้ปลูกกระจายเข้ามาที่เห็นได้เด่นชัดจากการประเมินมวลชีวภาพ คือ ส้มเสี้ยว และไม้ป่าธรรมชาติอื่น ๆ แสดงถึงว่าป่าพื้นฟูมีการฟื้นฟูตามธรรมชาติซึ่งเป็นการสร้างพื้นที่ป่าที่สมบูรณ์ ซึ่งถือว่าเป็นการฟื้นฟูสภาพพื้นที่ที่แต่เดิมเป็นพื้นที่เกษตรทำไร่ข้าวโพดและไร่มันสำปะหลัง เป็นการสร้างพื้นที่ป่าเพิ่มพื้นที่การกักเก็บน้ำฝน ลดการเกิดภัยแล้ง ลดการสูญเสียหน้าดิน และลดความรุนแรงของภัยธรรมชาติที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของหน้าดิน

Table 2 Biomass in remnant forest, forest restoration and Home garden

Land use		Stem (t/ha)	Branch (t/ha)	Leaf (t/ha)	ABG total (t/ha)	BLG root (t/ha)	Total Bio-mass (t/ha)
Remnant forest	Tree	45.61	10.36	1.99	57.97	15.65	73.63
	Sapling	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03
	Bamboo	20.23	4.42	1.49	26.15	-	26.15
Total		65.87	14.79	3.49	84.16	15.66	99.82
Forest restoration	Tree	5.95	0.96	0.24	7.16	1.93	9.09
	Sapling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Bamboo	8.61	1.77	0.48	10.87	-	10.87
Total		14.57	2.74	0.73	18.04	1.93	19.97
Home garden	Tree	11.42	2.42	0.49	14.34	3.87	18.21
	Sapling	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
	Bamboo	2.77	0.48	0.08	3.35	-	3.35
Total		14.21	2.90	0.58	17.70	3.87	21.57

Remarks : AGB is above ground biomass and BLG is below ground biomass.

สรุปผลการวิจัย

พื้นที่ห้วยมป่ามีความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืช และมวลชีวภาพมากที่สุด เนื่องจากยังคงเป็นพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกรบกวนมีต้นไม้ใหญ่ดั้งเดิม รองลงมาคือ พื้นที่พื้นที่สวนหลังบ้านเป็นพื้นที่บริเวณบ้านเรือนที่มีการปลูกพืชเพื่อใช้ประโยชน์ ส่วนมากจะเป็นไม้ผลยืนต้น พืชผักที่สามารถบริโภคและใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งปลูกมาอย่างยาวนานและได้รับการดูแลเป็นอย่างดีจึงมีขนาดของต้นไม้ใหญ่ ทำให้มีมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าป่าฟื้นฟู (โครงการสร้างป่าสร้างรายได้) ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าถูกบุกรุกทำลายทำการเกษตรเชิงเดี่ยวที่ได้รับการปลูกฟื้นฟูด้วยไม้ผล และพืชที่นำมาใช้ประโยชน์ได้เมื่อปี พ.ศ. 2550 ซึ่งพบต้นไม้ที่กำลังเจริญเติบโตและมีขนาดเล็กกว่า และยังมีเริ่มพบพืชท้องถิ่นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้กระจายพันธุ์เข้ามาในพื้นที่ป่าฟื้นฟูใช้ทำหน้าที่เป็นไม้พี่เลี้ยงส่งเสริมการเติบโตให้กับพืชที่นำมาใช้ประโยชน์บางชนิด ซึ่งเป็นการสร้างระบบวนเกษตรที่สามารถอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ควบคู่ไปกับการใช้ประโยชน์จากป่า หากยังมีการรักษาพื้นที่และไม่ทำลายบุกรุกพื้นที่เปลี่ยนเป็นเกษตรเชิงเดี่ยว อนาคตข้างหน้าก็จะสามารถเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพและส่งผลต่อปริมาณมวลชีวภาพได้ใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าดั้งเดิมได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณาจารย์ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ –แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ผู้มีส่วนร่วมทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือ ตลอดจนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Forest Land Management Office. 2014. **Exploring Carbon Storage and Biodiversity in Community Forests**. 1/2014. Bangkok: Royal forest department. 88 p. [in Thai].
- Kanhom, B., B. Moungrsrimuangdee, P. Waiboonya, P. Yodsa-nga, and P. Larphern. 2019. Plant diversity and biomass carbon stocks of Nong Mek Community Forest, Khok Sung Ddstrict, Sa Kaeo province. **Thai Journal of Forestry** 38(2): 41-55. [in Thai]
- Kawinpolasa, K., T. Lattirasuvan, T. Yothapakdee and I. Howpinjai. 2023. Forest structure and carbon storage of trees in the Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province. **Thai Journal of Forestry** 42(2): 199-213. [in Thai].
- Kutintara, U. 1999. **Ecology Fundamental Basics in Forestry**. Bangkok: Kasetsart University Press. 566 p. [in Thai].
- Lattirasuvan, T. 2012. Soil properties and plant diversity of home gardens in Song district, Phrae province. **Thai Journal of Forestry** 31(2): 16-28. [in Thai].

- Maki, M., S. Goto, M. Ishihara, K. Nishida, T. Kojima and T. Akiyama. 2008. Mapping the potential distribution of dwarf bamboo using satellite imagery and DEM. **Journal of The Remote Sensing Society of Japan**. 28: 28-35.
- Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira,. 1965. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and Life in SE Asia** 1: 21-157.
- Somprakon, S., T. Yothapakdee, I. Howpinjai, P. Painkhith, 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].
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization: TGO). 2016. **Thailand Voluntary Emission Reduction Program Reference Manual: Forestry and Agriculture Sector, 3rd**. Bangkok: Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 85 p. [in Thai].
- The Office of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn's Projects (HRH Project). 2018. **Operation Manual Project to Create Forests and Generate Income under the Royal Initiative Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn**. Bangkok: Territorial Defence Volunteers Printing. 102 p. [in Thai].

การศึกษาสมบัติดินบางประการทางกายภาพและความหลากหลายของพรรณไม้
ในพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน
Study on some Soil Physical Properties and Tree Species Diversity
in the area of Food Bank Royal Initiative Project at Mae Hong Son Province.

รัมภาภค พอใจ^{1*} ปิยะพิศ ขอนแก่น¹ ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด² ศิริรัตน์ สมประโคน¹ และธนากร ลัทธธีระสุวรรณ¹
Rumphaphak Phorjai^{1*}, Piyapit Khonkaen¹, Thanyarat Chuesaard², Sirirat Somprakon¹
and Thanakorn Lattirasuvan¹

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹Program in Forest Management, The Established Project of College of Forestry, Maejo University

Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

²Basic Science Maejo University, Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: suweerasorn@gmail.com

Abstract

The purpose of this research was to study some physical properties of soil, namely soil hardness, soil moisture, and surface soil density (0-5 cm) and sub-surface soil (20-25 cm), as well as plant diversity and tree species diversity in a dry dipterocarp forest in the Royal Initiative Project area, Mae Hong Son Province. Implementation involved random sampling plots of 40x40 m at the top, middle, and bottom of the hill, covering 3 rai per area, totaling 9 rai. The results of the study found that the hardness of the surface soil in the lower hillside area was the hardest, and the soil moisture was the highest at 19.11 mm, with a moisture level of 5.33 percent. The sub-surface soil in the hillside, middle, and bottom of the hill showed similar values. Regarding the plants on the hillside, a total of 7 tree species, 6 genera, and 4 families were identified, with a Shannon-Wiener index of 1.20. The dominant tree species based on the importance value index were *Shorea obtusa*, *Dipterocarpus tuberculatus*, and *Gluta usitata*. In the middle, 13 tree species, 12 genera, and 8 families were identified, with a Shannon-Wiener index of 1.72. The dominant tree species based on the importance value index were *Dipterocarpus tuberculatus*, *Shorea obtusa*, and *Gluta usitata*. At the bottom of the hill, a total of 31 tree species, 27 genera, and 20 families were identified, with a Shannon-Wiener index of 2.41. The dominant tree species based on the importance value index were *Dipterocarpus tuberculatus*, *Shorea obtusa*, and *Dalbergia cultrata*.

Keywords: soil hardness, soil moisture, diversity, vegetation structure characteristics

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติดินบางประการทางกายภาพ ได้แก่ ความแข็งของดิน ความชื้นในดิน และความหนาแน่น ที่ดินชั้นบน (0-5 ซม.) และดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) และศึกษาความหลากหลายของพรรณไม้ องค์ประกอบชนิดไม้ต้นของป่าเต็งรัง ในพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยวางแผนตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง ขนาด 40x40 เมตร บริเวณบนเขา (T) กลางเขา (M) และล่างเขา (L) พื้นที่ละ 3 ไร่ รวมทั้งสิ้น 9 ไร่ ผลการศึกษาพบว่า ความแข็งของดินชั้นบนบริเวณล่างเขา มีความแข็งของดิน และความชื้นในดินมากที่สุด เท่ากับ 19.11 มิลลิเมตร ที่ระดับความชื้น 5.33% และในดินชั้นล่างบริเวณบนเขา กลางเขา และล่างเขา มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาพรรณไม้บริเวณบนเขา พบไม้ใหญ่ทั้งหมด 7 ชนิด 6 สกุล 4 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดเท่ากับ 1.20 ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ เต็ง (*Shorea obtusa*) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) และรักใหญ่ (*Gluta usitata*) กลางเขาพบไม้ใหญ่ทั้งหมด 13 ชนิด 12 สกุล 8 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดเท่ากับ 1.72 ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ พลวง เต็ง และรักใหญ่ และล่างเขา พบไม้ใหญ่มากที่สุด เท่ากับ 31 ชนิด 27 สกุล 20 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.41 ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ พลวง เต็ง เก็ดดำ (*Dalbergia cultrata*)

คำสำคัญ: ความแข็งของดิน ความชื้นในดิน ความหลากหลายชนิด องค์ประกอบชนิดไม้

คำนำ

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติหลักที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมของโลก มนุษย์ และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่างใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดิน ทั้งทางตรงและทางอ้อมในการดำรงชีวิต นอกจากนี้ดินยังเป็นทรัพยากรหลักที่มีความเกี่ยวโยงหรือมีความสัมพันธ์กับทรัพยากรธรรมชาติอื่นและระบบนิเวศอื่น ๆ อย่างเป็นระบบ เช่น ดินและป่าไม้ ดินและน้ำ ดินและอากาศ เนื่องจากดินเป็นแหล่งให้สารและสภาพแวดล้อมที่สำคัญต่อพืชและสัตว์ในสังคมแห่งชีวิต เป็นแหล่งยึดเหนี่ยวของพืชและที่อยู่อาศัยของสัตว์ ให้ความชื้น ธาตุอาหาร ควบคุมอุณหภูมิ และแหล่งอาศัยหลบภัยของสัตว์ ฉะนั้นความสำคัญของดินต่อความหลากหลายและความเป็นไปของสังคมแห่งชีวิตและระบบนิเวศในแต่ละแห่งที่ จึงเป็นเรื่องที่จำเป็นต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ (Kutintara, 1999) ลักษณะดินมีความผันแปรไปตามสภาพภูมิประเทศ พบทั้งบนพื้นที่มีหินโผล่ ดินตื้นจนถึงลึกปานกลาง แต่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงต่ำมาก เป็นดินที่เกิดจากหินต้นกำเนิดที่แตกต่างกัน การผันแปรของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ จะส่งผลต่อโครงสร้างสังคมพืชป่าเต็งรัง โดยเฉพาะชนิดไม้ที่เป็นองค์ประกอบ (Species composition) ชนิดไม้เรือนยอดเด่น (Dominant tree species) จำนวนชนิดไม้ (species richness) ความหลากหลายชนิด (Species diversity) และสังคมพืช (Duangthip *et al.*, 2022)

โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นการขยายผลการดำเนินงานตามโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งกรมป่าไม้ได้พิจารณาอนุมัติให้ดำเนินโครงการอาหารชุมชนตามพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2547 เป็นต้นมา เพื่อสนับสนุนให้ชุมชนปลูกไม้กินได้ชนิดต่าง ๆ เป็นแหล่ง

อาหาร และไม่ใช่สอยตามธรรมชาติอย่างยั่งยืน เน้นการปลูกไม้พื้นเมืองเพื่อเป็นแหล่งอาหารของชุมชน และการอนุรักษ์พืชผักพื้นบ้านนาชนิดที่กำลังใกล้สูญพันธุ์ (Office of the Special Committee for Coordination of Royal Initiative Projects, 2019) อย่างไรก็ตามการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานความหลากหลายทางชีวภาพยังไม่มีดำเนินการอย่างเป็นระบบโดยเฉพาะในส่วนของพรรณพืช จนถึงปัจจุบันยังขาดข้อมูลสมบัติดินทางกายภาพบางประการ และความหลากหลายของพืชที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการด้านความหลากหลายของพรรณไม้ ในพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน และพัฒนาต่อยอดในด้านอื่น ๆ ดังนั้น วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาคุณสมบัติดินบางประการทางกายภาพ และความหลากหลายของพรรณไม้บริเวณบนเขา กลางเขา และล่างเขา ในพื้นที่ป่าธรรมชาติของโครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน เนื่องจากมีความสอดคล้องกับลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดแม่ฮ่องสอนที่มีการเข้าไปใช้ประโยชน์มากที่สุด ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำไปสู่แนวทางการพัฒนาที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ให้เกิดประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลผาป่อง อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน บริเวณพื้นที่ป่าเต็งรังบนเขา (T) กลางเขา (M) และล่างเขา (L) ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 (Figure 1)

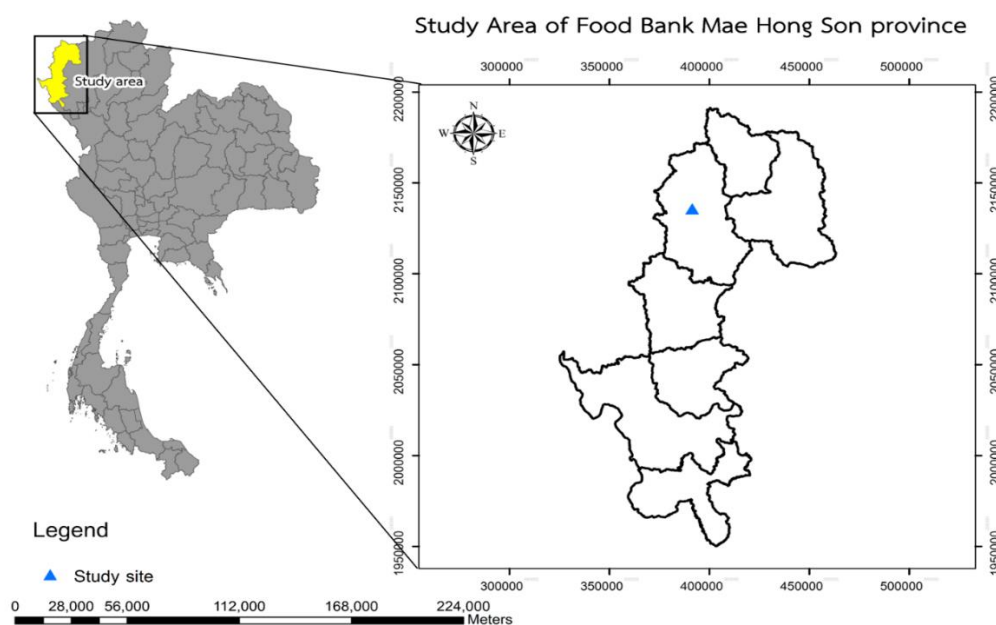


Figure 1 Studies area in the area of the community food bank project

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลดิน

1. วางแปลงบริเวณพื้นที่บนเขา (Top) กลางเขา (Middle) และล่างเขา (Low) จำนวน 3 ไร่ ในแต่ละระดับความสูง (Top: 340 เมตร Middle: 290 เมตร Low: 240 เมตร จากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง ตามลำดับ) และระดับความลาดชัน (Top: 5% Middle: 14% Low: 3% ตามลำดับ) ทำการวางแปลงขนาด 40x40 เมตร กำหนดจุดกึ่งกลางแปลงให้แต่ละด้านห่างกัน 5 เมตร เป็นรูปขนมเปียกปูน เพื่อทำการเก็บข้อมูลดิน ตามวิธีการของ Thanakorn (2012)
2. เก็บความแข็งดินแนวดิ่ง โดยใช้เครื่องมือ Soil penetration tester และการเก็บความแข็งดินในแนวนอน โดยใช้เครื่องมือ Yamanaka-type push cone penetrometer ทำการขุดหลุมความลึก 30 ซม. เก็บข้อมูลความแข็งดิน หลุมละ 3 ซ้ำ ที่ดินชั้นบน (0-5 ซม.) และดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) ตามวิธีการของ Tanaka *et al.* (2010)
3. เก็บตัวอย่างดินด้วยกระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (Soil core) 3 หลุมต่อแปลง หลุมละ 3 ซ้ำ ที่ดินชั้นบน (0-5 ซม.) และดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) วิเคราะห์ความชื้นในดิน (%) และความหนาแน่นของดินโดยรวม (Bulk density) ด้วยวิธี Core method (Blake and Hartge, 1986)

การเก็บข้อมูลพรรณไม้

1. วางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง (Purposive sampling) ขนาด 40x40 เมตร ในบริเวณที่เป็นตัวอย่างที่ดีของสังคมพืช จากนั้นแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10, 4x4 และ 1x1 เมตร ทำการเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบไม้ต้นทุกแปลงย่อย
2. ภายในแปลงขนาด 10x10 เมตร บันทึกข้อมูลไม้ใหญ่ (Tree) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter at breast height: DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 ซม. ที่ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร แปลงขนาด 4x4 เมตร บันทึกข้อมูลลูกไม้ (Sapling) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH) น้อยกว่า 4.5 ซม. ที่ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร และแปลงขนาด 1x1 เมตร นับจำนวนกล้าไม้ (Seedling) ที่พบทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลดิน

1. วิเคราะห์ความแข็งของดินในแนวดิ่ง โดยนำค่าความแข็งของดินในแนวดิ่งที่วัดนำมาพล็อตกราฟ บนแกนแนวนอน ตามแนวทางของ Sakurai (1995)
2. วิเคราะห์ความแข็งของดินในแนวนอน ความชื้น และความหนาแน่น โดยวิธีการ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบชนิดพรรณพืช

วิเคราะห์ลักษณะองค์ประกอบชนิดพันธุ์ของแต่ละสังคมพืชตามแนวทางของ Marod and Kutintara (2009) โดยค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance value index: IVI) จากการหาความหนาแน่น (Density, D: ต้น/

เฮกตาร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (Dominance, Do: ตร.ม./เฮกตาร์) และความถี่ (Frequency, F: เปอร์เซ็นต์) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพันธ์ทั้งสามค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของไม้ต้น และหาค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Species diversity index) ตามสมการ Shannon–Wiener index (Magurran, 1988)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความแข็งของดินแนวดิ่ง

พื้นที่บนเขา (Top)

ความแข็งของดินบริเวณบนเขา ในพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ผลการศึกษาพบว่า ความแข็งของดินทั้ง 3 จุด (T1, T2, T3) เป็นดินปานกลางอยู่ที่ระดับผิวน้ำดินถึงความลึก 2 ซม. ความแข็งดินที่เป็นดินแข็ง ความลึกตั้งแต่ 3-7 ซม. ระดับความลึกตั้งแต่ 8 ซม. ลงไปเป็นดินแข็งมาก ในบางจุดดินมีลักษณะเป็นโพรง (Figure 2)

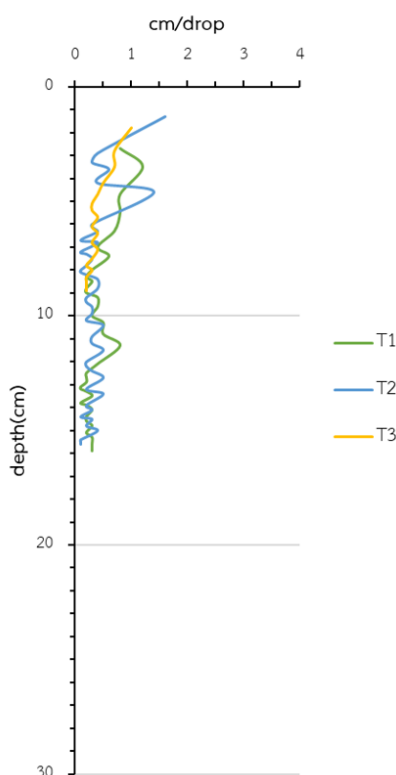


Figure 2 Horizontal soil hardness in the top of the hill

พื้นที่กลางเขา (Medium)

ความแข็งของดินบริเวณกลางเขา ผลการศึกษาพบว่า ความแข็งดินของดินทั้ง 3 จุด (M1, M2, M3) เป็นดินปานกลางอยู่ที่ระดับผิวน้ำดินถึงความลึก 4 ซม. ความแข็งดินที่เป็นดินแข็ง ความลึกตั้งแต่ 5-11 ซม. ระดับความลึกตั้งแต่ 12 ซม.ลงไปเป็นดินแข็งมาก (Figure 3)

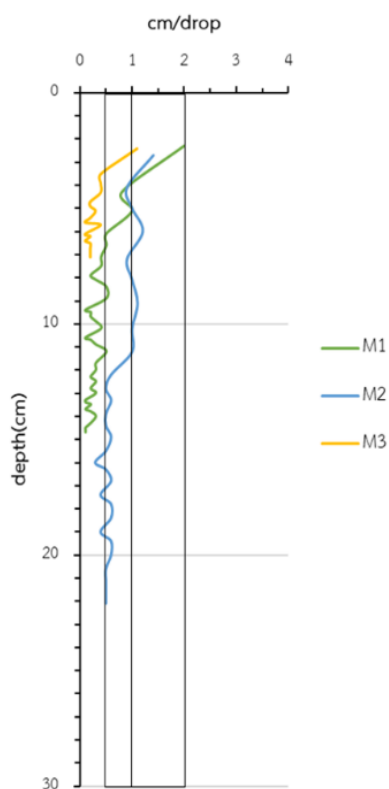


Figure 3 Horizontal soil hardness in the middle of the hill

พื้นที่ล่างเขา (Low)

บริเวณล่างเขา ผลการศึกษาพบว่า ความแข็งดินของดินทั้ง 3 จุด (L1, L2, L3) มีค่าความแข็งดินปานกลางอยู่ที่ระดับผิวน้ำดินถึงความลึก 2 ซม. ความแข็งดินที่เป็นดินแข็ง ความลึกตั้งแต่ 3-13 ซม. และระดับความลึกตั้งแต่ 14 ซม. ลงไปเป็นดินแข็งมาก (Figure 4)

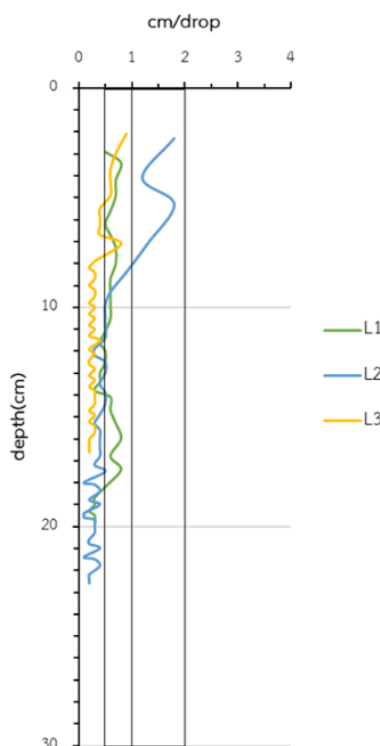


Figure 4 Horizontal soil hardness in the low of the hill

จากการศึกษาความแข็งดินแนวดิ่ง ของพื้นที่บริเวณบนเขา (T) กลางเขา (M) และล่างเขา (L) มีค่าความแข็งดินปานกลางอยู่ที่ระดับผิวน้ำดินถึงความลึก 3 ซม. ความแข็งดินที่เป็นดินแข็งตั้งแต่ 4-11 ซม. ระดับความลึกตั้งแต่ 12 ซม. ลงไปเป็นดินแข็งมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Somprakon *et al.* (2023) ความแข็งของดินมีผลต่อการงอกของรากพืช และการเก็บกักความชื้นในดิน รวมถึงการอัดตัวของดินแปรผันตรงกับความลึกในดิน ซึ่งจากการรายงานของ Sakurai (1995) ที่กล่าวว่าความแข็งของดินสามารถบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโตของพืชในแต่ละพื้นที่ และสามารถบอกถึงการระบายน้ำและออกซิเจนภายในดิน

ความแข็งของดินแนวนอน ความชื้นในดิน และความหนาแน่นของดิน

ความแข็งของดินแนวนอน พบว่าความแข็งดินชั้นบน (0-5 ซม.) พื้นที่ล่างเขา (L) มีค่าความแข็งดินมากที่สุดเท่ากับ 19.11 ± 1.01 มม. ที่ระดับความชื้น 5.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กลางเขา (M) และบนเขา (T) เท่ากับ 18.81 ± 1.63 และ 17.85 ± 3.17 มม. ที่ระดับความชื้น 1.24 ± 0.32 และ 2.92 ± 2.23 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของดินในพื้นที่บนเขาและกลางเขามีค่าเท่ากัน และล่างเขามีค่าน้อยสุด เท่ากับ 1.29 ± 0.20 , 1.29 ± 0.05 และ 1.19 ± 0.15 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

ความแข็งของดินที่ระดับ 20-25 ซม. พบว่าพื้นที่ล่างเขา (L) มีค่าความแข็งดินน้อยที่สุด เท่ากับ 21.19 ± 2.23 มม. ที่ระดับความชื้น 7.41 ± 4.82 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กลางเขา (M) และบนเขา (T) ที่มีค่าเท่ากัน เท่ากับ 21.94 ± 2.58 มม. ที่ระดับความชื้น 4.00 ± 1.09 และ 5.27 ± 3.34 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของดินในพื้นที่กลางเขาและ

ล่างเขามีค่าเท่ากัน และบนเขามีค่ามากที่สุด เท่ากับ 1.29 ± 0.11 , 1.29 ± 0.12 และ 1.42 ± 0.10 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 The comparison soil hardness in vertical, soil moisture and soil density in the area of Food Bank Royal Initiative Project at Mae Hong Son province

Total	Top	Middle	Low	P-value
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
Surface soil (0-5 cm)				
Soil hardness (mm)	17.85±3.17	18.81±1.63	19.11±1.01	0.76 ^{ns}
Soil moisture (%)	2.92±2.23	1.24±0.32	5.33±4.25	0.27 ^{ns}
Bulk density (g/cm ³)	1.29±0.20	1.29±0.05	1.19±0.15	0.65 ^{ns}
Surface soil (20-25 cm)				
Soil hardness (mm)	21.94±2.58	21.94±2.37	21.19±2.23	0.90 ^{ns}
Soil moisture (%)	5.27±3.34	4.00±1.09	7.41±4.82	0.51 ^{ns}
Bulk density (g/cm ³)	1.42±0.10	1.29±0.11	1.29±0.12	0.29 ^{ns}

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 ($p > 0.05$).

จากการศึกษาค่าความแข็งดินในแนวนอน พบว่าดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) ในพื้นที่บนเขา (T) กลางเขา (M) ล่างเขา (L) มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าความแข็งดินในแนวนอนมากกว่าดินชั้นบน (0-5 ซม.) ทั้งนี้ บริเวณดังกล่าวเป็นป่าเต็งรัง อาจเป็นเพราะดินมีต้นกำเนิดมาจากหินกรวด Srikoon *et al.* (2021) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีหน้าดินที่ตื้นมีหินกรวดปะปนอยู่ หน้าดินและเนื้อดิน เป็นต้น (Bunyavejchewin *et al.*, 2016)

ความหนาแน่น และมีความชื้นในดินของดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) ในพื้นที่บนเขา (T) กลางเขา (M) ล่างเขา (L) มากกว่าดินชั้นบน (0-5 ซม.) นอกเหนือจากนั้นความลาดชันมักมีผลให้เกิดการกัดเซาะหน้าดิน (Wessel, 1971) ส่งผลให้บริเวณกลางเขามีความชื้นต่ำกว่าบริเวณอื่น ๆ ในพื้นที่ เป็นต้น

โครงสร้างสังคมพืช

จากผลการศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้บริเวณพื้นที่บนเขา (T) กลางเขา (M) และล่างเขา (L) ในพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่ามีลักษณะเป็นป่าเต็งรัง โดยในระดับไม้ใหญ่บริเวณพื้นที่บนเขา (T) พบพรรณไม้ทั้งหมด 7 ชนิด 6 สกุล 4 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นและขนาดพื้นที่หน้าตัดมีค่าเท่ากับ 744 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 8.87 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดค่อนข้างต่ำ เท่ากับ

1.20 (Table 2) เมื่อพิจารณาชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 3 ลำดับแรก ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtusa*) พลอง (*Dipterocarpus tuberculatus*) รักใหญ่ (*Gluta usitata*) (Table 3) ในระดับลูกไม้พบทั้งหมด 3 ชนิด 3 สกุล 2 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นและขนาดพื้นที่หน้าตัด มีค่าเท่ากับ 573 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 0.004 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 0.99 (Table 2) เมื่อพิจารณาชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 3 ลำดับแรก ได้แก่ พลอง เต็ง และช้างน้าว (*Ochna integerrima*) (Table 3) และในระดับกล้าไม้ พบทั้งหมด 14 ชนิด 13 สกุล 9 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นของต้นไม้เท่ากับ 75,000 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.00 (Table 2) เมื่อพิจารณาชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 3 ลำดับแรก ได้แก่ เต็ง รักใหญ่ กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*) (Table 3)

บริเวณพื้นที่กลางเขา (M) ในระดับไม้ใหญ่พบพรรณไม้ทั้งหมด 13 ชนิด 12 สกุล 8 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นและขนาดพื้นที่หน้าตัด มีค่าเท่ากับ 825 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 7.48 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 1.72 (Table 2) เมื่อพิจารณาชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 3 ลำดับแรก ได้แก่ พลอง เต็ง และรักใหญ่ (Table 3) ในระดับลูกไม้พบพรรณไม้ทั้งหมด 4 ชนิด 4 สกุล 3 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นและขนาดพื้นที่หน้าตัด มีค่าเท่ากับ 313 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 0.004 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 1.24 (Table 2) เมื่อพิจารณาชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 3 ลำดับแรก ได้แก่ พลอง รักใหญ่ และช้างน้าว (Table 3) และในระดับกล้าไม้พบพรรณไม้ทั้งหมด 11 ชนิด 9 สกุล 5 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นของต้นไม้เท่ากับ 85,000 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 1.71 (Table 2) เมื่อพิจารณาชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 3 ลำดับแรก ได้แก่ เต็ง รักใหญ่ และมะม่วงหาวแมงวัน (*Buchanania lanzan*) (Table 3)

บริเวณพื้นที่ล่างเขา (L) ในระดับไม้ใหญ่พบพรรณไม้ทั้งหมด 31 ชนิด 27 สกุล 20 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นและขนาดพื้นที่หน้าตัด มีค่าเท่ากับ 758 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 12.08 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.41 (Table 2) เมื่อพิจารณาชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 3 ลำดับแรก ได้แก่ พลอง เต็ง เก็ดดำ (*Dalbergia cultrata*) (Table 3) ในระดับลูกไม้พบพรรณไม้ทั้งหมด 13 ชนิด 12 สกุล 10 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นและขนาดพื้นที่หน้าตัด มีค่าเท่ากับ 990 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 0.01 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.43 (Table 2) เมื่อพิจารณาชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 3 ลำดับแรก ได้แก่ มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) จีวป่า (*Bombax anceps*) และสมอไทย (*Terminalia chebula*) (Table 3) และในระดับกล้าไม้ พบพรรณไม้ทั้งหมด 14 ชนิด 13 สกุล 11 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นของต้นไม้เท่ากับ 41,667 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.32 (Table 2) เมื่อพิจารณาชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 3 ลำดับแรก ได้แก่ เต็ง รักใหญ่ และพลอง (Table 3)

Table 2 Plant communality in the area of Food Bank Royal Initiative Project at Mae Hong Son province.

Staged	Community characters	Top	Middle	Low
Tree	Number of species	7	13	31
	Shannon-Weiner index	1.20	1.72	2.41
	Basal area (m ² ha ⁻¹)	8.87	7.84	12.08
	Stem density (stems ha ⁻¹)	744	825	758
Sapling	Number of species	3	4	13
	Shannon-Weiner index	0.99	1.24	2.43
	Basal area (m ² ha ⁻¹)	0.0040	0.0040	0.0100
	Stem density (stems ha ⁻¹)	573	313	990
Seedling	Number of species	14	11	14
	Shannon-Weiner index	2.00	1.71	2.32
	Stem density (stems ha ⁻¹)	75,000	85,000	41,667

Table 3 Top five ranking based on IVI of tree and seedling/sapling in Top, Middle and Low in the of Food Bank Royal Initiative Project at Mae Hong Son province, including relative dominance (RDo, %), relative density (RD, %), and relative frequency (RF, %)

Plant Community	Staged	Species	RDo	RD	RF	IVI
Top	Tree	1. <i>Shorea obtusa</i>	46.10	45.66	18.75	110.50
		2. <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	38.92	36.13	18.75	93.80
		3. <i>Gluta usitata</i>	12.88	13.45	18.75	45.08
		4. <i>Buchanania lanzan</i>	0.94	1.96	12.50	15.40
		5. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	0.34	1.12	12.50	13.96

Table 3 (Continued)

Plant Community	Staged	Species	RDo	RD	RF	IVI	
	Sapling	1. <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	70.50	27.27	20.00	117.77	
		2. <i>Shorea obtusa</i>	10.17	54.55	40.00	104.72	
		3. <i>Ochna integerrima</i>	19.33	18.18	40.00	77.51	
	Seedling	1. <i>Shorea obtusa</i>	-	43.33	10.00	53.33	
		2. <i>Cyrtococcum patens</i>	-	12.22	10.00	22.22	
		3. <i>Lygodium polystachyum</i>	-	5.56	15.00	20.56	
		4. <i>Gluta usitata</i>	-	6.67	10.00	16.67	
		5. <i>Millettia brandisiana</i>	-	7.78	5.00	12.78	
	Middle	Tree	1. <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	43.72	32.07	13.64	89.43
			2. <i>Shorea obtusa</i>	26.16	27.02	13.64	66.82
3. <i>Gluta usitata</i>			12.58	15.15	13.64	41.37	
4. <i>Wendlandia tinctoria</i>			6.10	11.62	13.64	31.35	
5. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>			10.30	8.59	4.55	23.43	
Sapling		1. <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	60.77	50.00	40.00	150.77	
		2. <i>Gluta usitata</i>	22.73	16.67	20.00	59.40	
		3. <i>Ochna integerrima</i>	9.74	16.67	20.00	46.40	
		4. <i>Shorea obtusa</i>	6.76	16.67	20.00	43.43	
Seedling		1. <i>Lygodium polystachyum</i>	-	46.08	18.75	64.83	
		2. <i>Hymenachne pseudointerrupta</i>	-	12.75	12.50	25.25	
		3. <i>Imperata cylindrica</i>	-	14.71	6.25	20.96	
		4. <i>Shorea obtusa</i>	-	4.90	12.50	17.40	
		5. <i>Gluta usitata</i>	-	4.90	12.50	17.40	

Table 3 (Continued)

Plant Community	Staged	Species	RDo	RD	RF	IVI
Low	Tree	1. <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	46.88	32.69	5.77	85.34
		2. <i>Shorea obtusa</i>	33.57	22.80	5.77	62.14
		3. <i>Artocarpus lakoocha</i>	1.87	4.67	5.77	12.31
		4. <i>Terminalia chebula</i>	2.17	2.75	5.77	10.69
		5. <i>Gluta usitata</i>	1.02	4.67	3.85	9.53
	Sapling	1. <i>Phyllanthus emblica</i>	31.03	5.26	7.69	43.98
		2. <i>Bombax anceps</i>	22.42	5.26	7.69	35.37
		3. <i>Terminalia chebula</i>	3.38	21.05	7.69	32.13
		4. <i>Dalbergia cultrata</i>	13.42	10.53	7.69	31.64
		5. <i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	12.12	5.26	7.69	25.08
	Seedling	1. <i>Shorea obtusa</i>	-	18.00	13.64	31.64
		2. <i>Gluta usitata</i>	-	14.00	13.64	27.64
		3. <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	-	12.00	13.64	25.64
		4. <i>Croton persimilis</i>	-	18.00	4.55	22.55
		5. <i>Nephrolepis cordifolia</i>	-	10.00	4.55	14.55

จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่า ในพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีลักษณะสังคมพืชเป็นป่าเต็งรัง โดยบริเวณล่างเขา (L) ในระดับไม้ใหญ่ ลูกไม้ และกล้าไม้ มีจำนวนชนิดความหนาแน่น และความหลากหลายชนิดมากที่สุด เนื่องบริเวณล่างเขา (L) มีความหนาแน่นของดินน้อยกว่า ส่งผลให้มีการตั้งตัวของชนิดไม้ได้ดีกว่า ในขณะที่พรรณไม้ที่พบของบริเวณพื้นที่บนเขา (T) กลางเขา (M) และล่างเขาไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Srikoon *et al.* (2021) ทำการศึกษาความหลากหลายและองค์ประกอบชนิดของพรรณไม้ในสังคมป่าเต็งรังแควะ พื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ พบสังคมเต็ง ประกอบด้วยพรรณไม้ 34 ชนิด 32 สกุล 19 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ เท่ากับ 2,755 ต้น/เฮกตาร์ และ 24.18 ตร.ม/เฮกตาร์ ตามลำดับ ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 1.70 ซึ่งจำนวนพรรณไม้ที่พบ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ และขนาดพื้นที่หน้าตัด มากกว่าบริเวณล่างเขา (L) ของพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในขณะที่ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดมีน้อยกว่า เนื่องจากความหนาแน่นของหมู่ไม้มีผลต่อความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ เช่น บริเวณบนเขา (T) ที่พบว่ามีผลสอดคล้องกับการรายงานของ Sahunalu (1998) ที่พบว่าไม้เต็ง

มักปรากฏบริเวณที่สูงกว่าชนิดไม้อื่น ๆ และจะปรากฏค่าดัชนีความหลากหลายต่ำกว่าสังคมป่าเต็งรังอื่น ๆ นอกเหนือจากนั้นลักษณะของป่าเต็งรังมักมีการใช้ประโยชน์จากการเก็บหาของป่า โดยเฉพาะเห็ดไมคอร์ไรซาที่มีความสัมพันธ์กับไม้วงศ์ยาง เช่น เห็ดไข่ห่าน เห็ดเผาะ เห็ดน้ำหมาก เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

ความชื้นของดินในบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรังบนเขา (T) กลางเขา (M) และล่างเขา (L) ความชื้นของดินแนวดิ่งไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากป่าเต็งรังมีลักษณะเป็นป่าโปร่ง พื้นที่แห้งแล้ง ดินเป็นหินกรวดหรือลูกรัง และมีปัจจัยทางด้านการไหลของน้ำบริเวณผิวดินจึงพบปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นมากกว่าป่าชนิดอื่น ๆ ในขณะที่ความชื้นดินแนวนอนของดินชั้นบน (0-5 ซม.) บริเวณล่างเขา มีค่าความชื้นและความชื้นในดินมากที่สุด แต่ความชื้นดินแนวนอนของดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) บริเวณบนเขา กลางเขา และล่างเขา ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ บริเวณดังกล่าวเป็นป่าเต็งรังอาจเป็นเพราะดินมีต้นกำเนิดมาจากหินกรวด Srikoon *et al.* (2021) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีหน้าดินที่ต้นมีหินกรวดปะปนอยู่หน้าดินและเนื้อดิน เป็นต้น (Bunyavejchewin *et al.*, (2016)

ความชื้นของดิน พบว่าบริเวณล่างเขามีค่าความชื้นมากที่สุดทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lattirasuvan *et al.* (2024) ดินชั้นบนที่มีการทับถมของซากพืช ซากสัตว์ และมีการย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุที่ผิวดิน มีการระเหยของน้ำ รวมถึงการสัมผัสแสงแดดโดยตรงตลอดเวลา ในขณะที่ดินชั้นล่างที่มีการปกคลุมของเศษซากใบไม้ และมีการปกคลุมเรือนยอด ทำให้แสงแดดสัมผัสผิวดินได้น้อยกว่า

ความหนาแน่นของดิน พบว่าในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง บริเวณพื้นที่บนเขา กลางเขา และล่างเขา มีค่าไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช พบว่ามีลักษณะเป็นป่าเต็งรัง โดยบริเวณล่างเขา มีจำนวนชนิด ความหนาแน่น และความหลากหลายชนิดมากที่สุด ทั้งในระดับไม้ใหญ่ ลูกไม้ และกล้าไม้ เนื่องบริเวณล่างเขา มีความหนาแน่นของดินน้อยกว่า ส่งผลให้มีการตั้งตัวของชนิดไม้ได้ดีกว่า ในขณะที่พรรณไม้ที่พบของบริเวณพื้นที่บนเขา กลางเขา และล่างเขา ไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับชนิดไม้ที่พบมากที่สุด ในบริเวณพื้นที่บนเขา กลางเขา และล่างเขา ได้แก่ เต็ง พลอง และรักใหญ่ ทั้งในระดับไม้ใหญ่ ลูกไม้ และกล้าไม้ สอดคล้องกับการรายงานของ Sahunalu (1998) ที่พบว่าไม้เต็ง มักปรากฏบริเวณที่สูงกว่าชนิดไม้อื่น ๆ และมักจะปรากฏค่าดัชนีความหลากหลายต่ำกว่าสังคมป่าเต็งรังอื่น ๆ นอกเหนือจากนั้นลักษณะของป่าเต็งรังมักมีการใช้ประโยชน์จากการเก็บหาของป่า โดยเฉพาะเห็ดไมคอร์ไรซาที่มีความสัมพันธ์กับไม้วงศ์ยาง เช่น เห็ดไข่ห่าน เห็ดเผาะ เห็ดน้ำหมาก เป็นต้น

จากการศึกษา พบว่าปัจจัยดินมีผลต่อการกระจายและการปรากฏของพรรณไม้ เนื่องจากปัจจัยดินอาจทำให้โครงสร้างสังคมพืชเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังนั้น แนวทางในการบริหารจัดการพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ควรมีการส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจในระบบนิเวศของป่าไม้ รวมทั้งควรมีการควบคุมเพื่อไม่ให้เกิดการใช้ประโยชน์จนมากเกินไป หากจำเป็นต้องนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ควรจะพิจารณาถึงความเหมาะสมของดินสำหรับพืชที่ปลูก โดยให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในเชิงอนุรักษ์หรือวนเกษตร เพื่อการจัดการป่าอย่างยั่งยืนให้มีประสิทธิภาพ ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาสมบัติดิน ควรมีการศึกษาสมบัติดินทางเคมีเพื่อให้สามารถอธิบายข้อมูลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น เนื้อดิน ปริมาณธาตุอาหารในดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เป็นต้น
2. ควรมีการติดตามและศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้เพื่อทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและเป็นข้อมูลพื้นฐานในการดูแลรักษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ทุกท่าน ที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล อีกทั้งขอขอบคุณคณาจารย์ และนักศึกษาสาวาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ผู้มีส่วนร่วมทุกท่าน ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้สนับสนุน ให้คำปรึกษา จนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk Density. pp. 363-382.. In Klute, A. (ed.). **Methods of Soil Analysis Part 1-Physical and Mineralogical Methods Second Edition**. Madison WI: American Society of Agronomy.
- Bunyavejchewin, S., Y. Jamlongrat, R. Buasalee and P. Rayanggul. 2016. **Trees & Forest of Huai Kha Kaeng Wildlife Sanctuary**. Bangkok: Amarin Printing & Publishing. 161 p. [in Thai]
- Duangthip, N., N. Anongrak, P. Kachina and S. Khamyong. 2022. Plant community structure and carbon storage in a dry dipterocarp community forest with using *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb. leaves as forest product, Northern Thailand. **Thai Forest Ecological Research Journal** 6(1): 13-30. [in Thai]
- Kutintara, U. 1999. **Ecology: Fundamentals for Forestry**. Bangkok: Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University. 566 p. [in Thai]
- Lattirasuvan, T. 2012. Soil properties and plant diversity of home gardens in Song district, Phrae province. **Thai Journal of Forestry** 31(2): 16-28. [in Thai]
- Lattirasuvan, T., S. Sukchuai, W. Fongthiwong, S. Somprakon, S. Yodkaew and N. Khokha. 2024. **Some Soil Physical Properties of Remnant Forest, Miang Tea Gardens and Agriculture at Mai Hung Village, Pang Mapha District, Mae Hong Son Province**. pp. 303-310. In The 13th

- Thailand Forest Ecology Research Network Conference, January 25-27, 2024. Bangkok: Faculty of Forestry, Kasetsart University. [in Thai]
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological Diversity and Its Measurement**. New Jersey: Princeton University Press. 179 p.
- Marod, D. and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Bangkok: Faculty of Forestry, Kasetsart University. 540 p. [in Thai]
- Ministry of Industry. 2020. **Report on the Industrial Economic Situation of Mae Hong Son Province (January–June 2020)**. Mae Hong Son: Provincial Industrial Office. 9 p. [in Thai]
- Office of the Special Committee for Coordination of Royal Initiative Projects. 2019. **Food bank knowledge**. [Online]. Available <https://km.rdpb.go.th/Knowledge/View/78> (30 July 2024). [in Thai]
- Sahunalu, P., 1998. Species Diversity of Trees in Dry Dipterocarp Forest at Sakaerat, Nakomratchasima. **Thai Journal of Forestry** 17(1): 26-35. [in Thai]
- Sakurai, K., B. Puriyakorn, P. Preechapanya, V. Tanpibal, K. Muangnil and B. Prachaiyo. 1995. Improvement of biological productivity in degraded lands in Thailand III. soil hardness measurement in the field. **Tropics** 4(2/3): 151-172.
- Somprakon, S., T. Lattirasuvan, T. Yothapakdee, I. Howpinjai, S. Yodkeaw, P. Painkhit, and P. Phongcharoen. 2023. **Soil Hardness and Vegetative Community Structure in Remnant Forest, Restoration Forest and Agricultural Areas. Ban Boon Chaem, Nam Lao Sub-district, Rong Kwang District, Phare Province**. pp. 235-244. In The 12th Thailand Forest Ecology Research Network Conference, February 9-10, 2023. Chiang Mai: Faculty of Forestry, Kasetsart University. [in Thai]
- Srikoon, P., R. Taweasuk, P. Pramosee, P. Chankaew and L. Asanok. 2021. Vegetation community characteristics and edaphic factors in 40 years fire protection of dwarf deciduous dipterocarp forest, Phae Muang Phi Forest Park, Phrae province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 5(1): 33-52. [in Thai]
- Tanaka, S., T. Lattirasuvan, K. Nakamoto, C. Sritulanon and K. Sakurai. 2010. Soil fertility status under various types of upland farming in Northern Thailand I: a case study of a village located in a transitional zone of hill evergreen and mixed deciduous forests. **Tropics** 18: 185-199.
- Wessel, M. 1971. **Fertilizer Requirements of Cacao (*Theobroma cacao* L.) in South-Western Nigeria**. Master Thesis. Wageningen University & Research. 104 p.

การปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินนาต่างเนื้อดิน ที่ได้รับถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าว : กรณีศึกษาในกระถางทดลอง

Methane (CH₄) and Carbon Dioxide (CO₂) Gases Emission in Different Textural Paddy Soils Receiving Biochar and Rice Straw: A Case Study of Pot Experiment

วุฒิ ศรีวิชัย^{1*,2} พัชรีย์ แสนจันทร์¹ พฤกษา หล้าวงษา¹ ดวงสมร ตุลาพิทักษ์¹ และกุลธิดา ดอนอยู่ไพร²

Wut Sriwichai^{1,2}, Patcharee Saenjan¹, Phrueksa Lawongsa¹

Daungsamorn Tulaphitak¹ and Kultida Donyuprai²

¹สาขาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

²สำนักวิจัยและพัฒนากิจการเกษตร เขตที่ 2 กรมวิชาการเกษตร พิษณุโลก 65130

¹Department of Soil Science and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002

²Office of Agricultural Research and Development, Region 2, Department of Agriculture, Phitsanulok, Thailand 65130

*Corresponding author: Sriwichai.one@gmail.com

Abstract

The application of organic materials to submerged paddy soil induces greenhouse gas emissions. The objective of this experiment was to evaluate methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂), and rice yields in different textured paddy soils treated with biochar and rice straw (pot experiment). The experimental design followed a Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) with 3 replications and included soil texture as the first factor: loam and sandy loam soil, and organic materials as the second factor: (1) without organic materials (biochar (BC), rice straw (RS), and chemical fertilizer (CF) (control)), (2) CF (16-16-8) at 30 kg/rai, (3) BC (800 kg/rai) + CF, (4) RS (800 kg/rai) + CF and (5) BC + RS (400 kg/rai each) + CF. The pot experiment was conducted using rice Phitsanulok 2. The results of the pot experiment showed that total CH₄ emissions from sandy loam soil (11.65 g CO₂eq/m²/season) were significantly higher than those from loam soil (7.91 g CO₂eq/ m²/season), while total CO₂ emissions from both soil textures showed no significant difference. Among all treatments, the highest CH₄ and CO₂ emissions were observed in RS (800 kg/rai) + CF, with values of (12.85 and 363.38 g CO₂eq/m²/season, respectively). Rice grain yields were highest in loam soil treated with BC, and in the combination of BC and RS, ranging from 342.20-377.96 g/m².

Keywords: organic carbon, greenhouse gases, carbon accumulation, biochar amendment
rice straw

บทคัดย่อ

นาข้าวที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ในสภาพน้ำขังส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในดินนาต่างเนื้อดินที่ได้รับถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าว (การทดลองในกระถาง) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีเนื้อดินเป็นปัจจัยที่หนึ่ง ได้แก่ ดินร่วน และดินร่วนปนทราย ปัจจัยที่สอง คือ วัสดุอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ได้แก่ 1) ควบคุม ไม่ใส่ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ฟางข้าวและปุ๋ยเคมี (control) 2) ปุ๋ยเคมี (CF) เกรด 16-16-8 อัตรา 30 กก./ไร่ 3) ถ่านไม้ยูคาลิปตัส (BC) อัตรา 800 กก./ไร่ + CF 4) ฟางข้าว (RS) อัตรา 800 กก./ไร่ + CF และ 5) ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมฟางข้าว (BC+RS) อัตราละ 400 กก./ไร่ + CF และปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ผลการทดลองพบว่า ปล่อยก๊าซ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกในดินร่วนปนทราย (11.65 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก) มากกว่าของดินร่วน (7.91 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกของทั้งสองเนื้อดินไม่แตกต่างกัน โดยทั้งสองเนื้อดินจากกลุ่มตัวอย่างทดลองที่ใส่ฟางข้าว (RS 800 กก./ไร่ + CF) มีการปล่อยก๊าซ CH_4 และ CO_2 ทั้งหมด (12.85 และ 363.38 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก) มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ผลผลิตข้าวมากที่สุด ในดินร่วนที่ใส่กลุ่มตัวอย่างถ่านไม้ยูคาลิปตัสและกลุ่มตัวอย่างถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมฟางข้าวโดยอยู่ในช่วง 342.20-377.96 กรัม/ตารางเมตร

คำสำคัญ: อินทรีย์คาร์บอน ก๊าซเรือนกระจก การสะสมคาร์บอน ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ฟางข้าว

คำนำ

ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในการผลิตข้าวและก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ในปี ค.ศ. 2005 ก๊าซ CO_2 มีความเข้มข้น 379 ppm ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในบรรยากาศ รองลงมาคือ CH_4 1.774 ppm และ N_2O 319 ppb (IPCC, 2007) ก๊าซ CO_2 และ CH_4 ในบรรยากาศมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญส่วนใหญ่เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ ทั้งนี้ก๊าซ CH_4 ถูกปลดปล่อยจากนาข้าวทั่วโลกประมาณ 25.6 Tg (ล้านตัน) ต่อปี (Saenjan *et al.*, 2015) CH_4 มีศักยภาพในการก่อภาวะโลกร้อน (Global warming potential, GWP) มากกว่าก๊าซ CO_2 ถึง 28 เท่า (TGO, 2023) ก๊าซ CO_2 มีอำนาจการแผ่รังสีความร้อน (Radiative forcing) $1.66 \pm 0.17 \text{ W m}^{-2}$ (IPCC, 2007)

การใส่วัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และปรับปรุงดินในนาข้าวจัดเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารพืชเพื่อการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตข้าว นอกจากนั้นยังช่วยสะสมคาร์บอนในดิน (Soil carbon sequestration) การใส่วัสดุอินทรีย์ เช่น ฟางข้าวลงในดินซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเกษตรกรผู้ผลิตข้าว พบว่ามีการปล่อยก๊าซ CO_2 และ CH_4 ในปริมาณมาก ในขณะที่ไม้ยูคาลิปตัสได้จากกิ่งที่เหลือจากแปลงเกษตรกรในการตัดส่งโรงงานอุตสาหกรรม ที่อายุประมาณ 5 ปีขึ้นไป มาเผาภายใต้สภาพที่ขาดออกซิเจน (Pyrolysis) ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส และจะได้ถ่านไม้ การใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัส

ในดินนา Saenjan *et al.* (2015) พบว่าช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 และโดยเฉพาะช่วยลด CH_4 เนื่องจากถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีองค์ประกอบของคาร์บอนที่คงตัว (Fixed C) มีลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างเป็นแผ่นแกรฟีน (Fragmented graphene sheets) มีสีดำ เป็นสารอินทรีย์ที่สลายตัวยาก (Recalcitrant) และตกค้างอยู่ในดินนาน ปริมาณคาร์บอนที่คงตัวในถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 61.86-81.50 เปอร์เซ็นต์ (Butnan *et al.*, 2015) ถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีความพรุน (Porosity) สูงและมีพื้นที่ผิว (Surface area) มาก ยากต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดิน และพบว่าปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดฤดูปลูกข้าวจากดินที่ใส่ถ่านไม้ยูคาลิปตัส (311.11-306.09 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร/ฤดูปลูก) จะน้อยกว่าของดินใส่ฟางข้าว (411.49-340.98 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร/ฤดูปลูก) (Sriwichai, 2018)

การใส่วัสดุอินทรีย์ในดินนาจะทำหน้าที่เป็นแหล่งสารอาหารคาร์บอนให้แก่จุลินทรีย์ดิน เพื่อทำหน้าที่ย่อยวัสดุอินทรีย์และสุดท้ายจะได้ก๊าซเรือนกระจกเคลื่อนที่สู่บรรยากาศ ในปัจจุบันได้มีการทดลองใช้วัสดุอินทรีย์ในดินนาและติดตามวัดการปล่อยก๊าซ CO_2 และ CH_4 จากดินนาบ้างแล้ว (Saenjan *et al.*, 2015) ซึ่งข้อมูลและองค์ความรู้เกี่ยวกับศักยภาพการเกิดก๊าซเรือนกระจกในดินนาต่างเนื้อดินที่มีการใส่ถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าว นั้น พบว่ายังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับดินนาในประเทศไทย ดังนั้นจึงตั้งสมมติฐานของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CH_4 และ CO_2 ในดินนาต่างเนื้อดิน การสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน และการสร้างมวลชีวภาพ (ราก ฟางข้าว เมล็ด) ของข้าว ของดินนาที่ได้รับถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทดลองและแผนการทดลอง

ในงานวิจัยได้คัดเลือกข้าวสายพันธุ์พิษณุโลก 2 (*Oryza sativa* L.; Phitsanulok 2) เนื่องจากนิยมปลูกกันมากในเขตชลประทานของจังหวัดขอนแก่น ปลูกในกระถางทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 ซม. สูง 23 ซม. ในเรือนทดลองหมวดดินและปุ๋ย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2560 วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in Randomized Complete Block Design: RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยมี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยแรก คือ เนื้อดิน ได้แก่ ดินร่วน (Loam) และดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ปัจจัยที่ 2 คือ วัสดุอินทรีย์ ได้แก่ ถ่านไม้ยูคาลิปตัส (Biochar, BC) และฟางข้าว (Rice straw, RS) ทั้งหมดมี 10 กลุ่มตัวอย่างการทดลอง ได้แก่

- 1) ดินร่วนไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุอินทรีย์ (Control)
- 2) ดินร่วน + ใส่ปุ๋ยเคมี (CF) เกรด 16-16-8 อัตรา 30 กก./ไร่
- 3) ดินร่วน + ถ่านไม้ยูคาลิปตัส (BC) อัตรา 800 กก./ไร่ + CF
- 4) ดินร่วน + ฟางข้าว (RS) อัตรา 800 กก./ไร่ + CF
- 5) ดินร่วน + ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมฟางข้าวอย่างละ 400 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมี (BC+RS+CF)
- 6) ดินร่วนปนทราย ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุอินทรีย์ (Control)
- 7) ดินร่วนปนทราย + ใส่ปุ๋ยเคมี (CF) เกรด 16-16-8 อัตรา 30 กก./ไร่
- 8) ดินร่วนปนทราย + ถ่านไม้ยูคาลิปตัส (BC) อัตรา 800 กก./ไร่ + CF
- 9) ดินร่วนปนทราย + ฟางข้าว (RS) อัตรา 800 กก./ไร่ + CF

10) ดินร่วนปนทราย + ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมฟางข้าวอย่างละ 400 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมี (BC+RS+CF)

การเตรียมดินทดลอง ถ่านไม้ยูคาลิปตัส และฟางข้าว

เก็บตัวอย่างดินนา เนื้อดินร่วนที่แปลงนาเกษตรกร บ้านนางาม ตำบลสำราญ ($16^{\circ} 32' 48.08''$ N, $102^{\circ} 51' 15' 10''$ E) และเป็นชุดดินราชบุรี (Ratchaburi series: Rb) ส่วนดินนาเนื้อดินร่วนปนทรายที่แปลงนาเกษตรกร บ้านโคกสี ตำบลบ้านค้อ ($16^{\circ} 32' 30''$ N, $102^{\circ} 47' 48''$ E) เป็นชุดดินอุบล (Ubon series: Ub) ทั้งหมดอยู่ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ประมาณ 300 กก. นำมาตากในที่ร่ม (Air dried) สภาพไม่มีลมโกรก แล้วร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาด 2 มม.

การเตรียมถ่านไม้ยูคาลิปตัสจากไม้ยูคาลิปตัสส่วนปลายของไม้ยูคาลิปตัส (*Euclyptus camaldalensi* Dehn.) ที่มีอายุ 5 ปี ได้จากกิ่งที่เหลือจากแปลงเกษตรกรในการตัดส่งโรงงานอุตสาหกรรม ไปเผาภายใต้สภาพที่ขาดออกซิเจน (pyrolysis) อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส (Butnan *et al.*, 2015) นาน 72 ชั่วโมง และปล่อยให้อุณหภูมิลดลง 48-72 ชั่วโมง จากนั้นนำถ่านที่ได้มาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาด 2 มม. ส่วนการเตรียมฟางข้าวนำฟางข้าวที่เก็บจากแปลงเกษตรกร มาสับให้เป็นชิ้นขนาด 2-3 ซม.

การเตรียมการทดลองในกระถาง

นำตัวอย่างดิน (ดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย) ชั่งน้ำหนัก 3 กก. ผสมกับวัสดุอินทรีย์ (ถ่านไม้ยูคาลิปตัสหรือฟางข้าว) ตามกลุ่มตัวอย่างทดลองข้างต้น โดยใช้ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density, BD) เป็นพื้นฐานในการคำนวณ คลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แล้วเทลงไปในกระถางทดลองที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 ซม. สูง 23 ซม. เติมน้ำกลั่น 3 ลิตร ให้ดินชื้นทั่ว 14 วัน (-14 วัน ก่อนปลูก) เพื่อให้วัสดุอินทรีย์สลายตัวและลดการสะสมของกรดอินทรีย์ในดินซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อต้นอ่อนของข้าวได้

การปลูกข้าวและการดูแล

นำเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ถุงผ้าดิบและแช่น้ำ 24 ชั่วโมง และรดน้ำเป็นประจำเพื่อรักษาระดับความชื้น ไม่ให้มีน้ำขัง ปล่อยให้รากอ่อน (Radicle) งอกยาวประมาณ 1 ซม. นำไปวางลงในกระถาง 3 เมล็ด (วันที่ 0) จัดการความชื้นดินช่วงแรกให้อิ่มตัวด้วยน้ำจนกระทั่งต้นข้าวตั้งตัวได้อายุ 14 วัน (วันที่ 14) ซึ่งต้นข้าวจะมีความสูงประมาณ 15 ซม. จึงเติมน้ำในกระถางและรักษาระดับน้ำสูง 7 ซม. จากระดับผิวดิน ตลอดฤดูปลูกและปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติ 7 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว อายุข้าวประมาณ 85 วัน ตลอดฤดูปลูกดูแลให้ปลอดแมลงศัตรูพืช

การเก็บตัวอย่างก๊าซและการวิเคราะห์

เก็บตัวอย่างก๊าซด้วยวิธี Close chamber method โดยเก็บก๊าซ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ กล้องเก็บก๊าซ (Gas chamber) มีขนาด กว้าง×กว้าง×สูง (21×21×100 ซม.) เริ่มเก็บตัวอย่างก๊าซเวลา 09.00-11.00 น. โดยใช้กระบอกฉีดยา (syringe) ขนาด 1 มล. ดูดก๊าซในกล้องเก็บก๊าซที่ครอบกระถางและเก็บที่เวลา 0, 10 และ 20 นาที ทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของตัวอย่างก๊าซด้วยเครื่อง Gas chromatograph (GC) (Shimadzu, GC-2014, Japan) เชื่อมต่อกับ Mechanizer

(Shimadzu MTN-1) ซึ่งทำหน้าที่วัดก๊าซ CH_4 และ CO_2 และใช้ Flame Ionization Detector (FID) เป็นตัวตรวจวัดใช้คอลัมน์ยาว 2 ม. ที่บรรจุด้วย Unibead C อุณหภูมิคอลัมน์ 180 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดีเทคเตอร์ 200 องศาเซลเซียส ใช้ก๊าซฮีเลียม (He) เป็นก๊าซพา (Carrier gas) และ Retention time ของก๊าซ CH_4 2.25 และ CO_2 3.25 นาที คำนวณหาอัตราการปล่อยก๊าซ CO_2 และ CH_4 (Emission rate, flux) และคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 และ CH_4 ทั้งหมดตลอดฤดูกาล (Total emission, seasonal emission) (Saenjan *et al.*, 2015; Ali *et al.*, 2015)

คำนวณหาอัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 และ CO_2 จากสมการ

$$E = \frac{dc}{dt} \times \frac{h \times Mw \times Tst}{Mv \times (Tst + T)} 60 \times 24 \quad (\text{Minamikawa } et al., 2005)$$

โดยที่ E = อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีหน่วยเป็น mg CH_4 หรือ CO_2 ตารางเมตร/วัน

$\frac{dc}{dt}$ = ค่าความชัน (slope) หรือค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเมื่อเทียบกับเวลาที่มีหน่วยเป็น ppm/นาฬิกา

h = ความสูงของช่องว่างจากผิวน้ำถึงเพดานกล่องเก็บก๊าซมีหน่วยเป็น เมตร

Mw = น้ำหนักโมเลกุลของก๊าซ CH_4 เท่ากับ 16.123 กรัม/โมล และ CO_2 เท่ากับ 44.01 กรัม/โมล

Mv = ปริมาตรโมเลกุลของก๊าซ CH_4 และ CO_2 22.41×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร

T = อุณหภูมิภายในกล่องขณะเก็บก๊าซ เป็นองศาเซลเซียส

Tst = อุณหภูมิมาตรฐานเป็นองศาเคลวิน (Kelvin) มีค่าเท่ากับ 273.2 เคลวิน

คำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 และ CO_2 ทั้งหมดตลอดฤดูกาล (Total emission) ได้จากการรวมพื้นที่ใต้กราฟที่แสดงอัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 หรือ CO_2 ของตัวอย่างก๊าซที่เก็บครั้งแรกจนถึงครั้งสุดท้าย (Total CH_4 emission, TCH₄ หรือ Total CO_2 emission, TCO₂) (Saenjan *et al.*, 2015)

การวิเคราะห์ดิน ถ่านไม้ยูคาลิปตัส และฟางข้าว

สมบัติทางกายภาพของดินที่วิเคราะห์ก่อนทดลอง ได้แก่ เนื้อดิน (Soil texture) ใช้เทคนิคความหนาแน่นของดินในสารละลายแคลกอนและวัดด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer method) และความหนาแน่นของดิน (Bulk density) โดยใช้กระบอกเก็บดิน (Soil core) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 15 ซม. (Baver *et al.*, 1972) (Table 1) ส่วนสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการทดลองที่วิเคราะห์ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH ดิน:น้ำ, 1:5) (pH meter) ค่าการนำไฟฟ้า (EC 1:5) (EC meter) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Soil organic carbon) (Walkley and Black, 1934) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่สลายตัวง่าย (Labile organic carbon, LOC) (Moody and Cong, 2008)

วิเคราะห์สมบัติของถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าว ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ปริมาณเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และปริมาณลิกนิน (Lignin) (Detergent method; Ververis *et al.*, 2007) สำหรับถ่านไม้ยูคาลิปตัสจะทำการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยง่าย (Volatile matter) เถ้า (Ash) และคาร์บอน ที่คงตัว (Fixed C) ด้วยวิธี Approximate analysis (American Standard Test Methods, 2007) (Table 1)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของข้อมูล (A Two-way Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลอง โดยใช้ค่า $p\text{-value} < 0.05$ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ Statistics 10 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

Table 1 Physico-chemical properties of the soil samples, biochar and rice straw

parameters	Soil texture		Organic material	
	Loam	Sandy loam	Biochar	Rice straw
Sand (%)	48.42	65.42	-	-
Silt (%)	37.40	33.32	-	-
Clay (%)	14.18	1.258	-	-
Bulk density (BD, g/cm ³)	1.54	1.50	-	-
pH (soil:water; 1:5)	5.28	5.23	5.56	6.28
Electrical conductivity (EC, dS/m)	0.05	0.02	8004	5.58
Soil organic carbon / Total organic carbon (%)	1.07	0.82	64.42	36.19
Labile organic carbon (LOC) (g/kg)	0.75	0.81	1.69	3.19
Cellulose (%)	-	-	2.54	38.63
Hemicelluloses (%)	-	-	1.17	24.85
lignin (%)	-	-	88.72	7.41
Volatile oil (%)	-	-	34.22	-
Ash (%)	-	-	3.76	-
Fix carbon (%)	-	-	62.01	-

Paddy soils were sampled at 0-15 cm depth.

ผลการวิจัย

อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) ตลอดฤดูปลูก

ในดินร่วนช่วง -14 ถึง 21 วัน อัตราการปล่อยก๊าซ CH₄ จะมีค่าต่ำในทุกกลุ่มตัวอย่าง (Figure 1(a)) จากนั้นอัตราการปล่อยก๊าซ CH₄ ของกลุ่มตัวอย่างที่ใส่ RS 800 กก./ไร่ และกลุ่มตัวอย่างที่ผสม BC 400 + RS 400 กก./ไร่ เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ อย่างไรก็ตามที่ 56 วัน ทุกกลุ่มตัวอย่างมีอัตราการปล่อยก๊าซ CH₄ สูงขึ้นอยู่ในช่วง 179.95 - 275.21 มก./ตารางเมตร/วัน อัตราการปล่อยก๊าซ CH₄ ที่ 70 วัน พบว่ากลุ่มตัวอย่าง RS 800 กก./ไร่ และกลุ่มตัวอย่างที่ผสม BC 400 + RS 400 กก./ไร่ มีอัตราสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ และปลายฤดูปลูกที่ 85 วัน พบว่า

ทุกกลุ่มตัวอย่างมีแนวโน้มของอัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 เพิ่มขึ้น ส่วนในดินร่วนปนทรายช่วง -14 ถึง 7 วัน อัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 จะมีค่าต่ำในทุกกลุ่มตัวอย่าง (Figure 1(b)) จากนั้นหลังจาก 7 วัน พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 ของกลุ่มตัวอย่างที่ผสม BC 400 + RS 400 กก./ไร่ ปล่อยมากกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ตามด้วยที่ 14 วัน พบว่ากลุ่มตัวอย่าง RS 800 กก./ไร่ มีอัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าช่วง 14-35 วัน ของกลุ่มตัวอย่าง RS 800 กก./ไร่ และกลุ่มตัวอย่างที่ผสม BC 400 + RS 400 กก./ไร่ มีอัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 มากกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ หลังจาก 42 วัน พบว่าทุกกลุ่มตัวอย่างอัตราการปล่อยก๊าซ CH_4 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงปลายฤดู

อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตลอดฤดูปลูก

ในดินร่วนที่ -14 ถึง 21 วัน พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ในช่วงต่ำทุกกลุ่มตัวอย่าง (Figure 2(c)) หลังจากนั้นอัตราการปล่อยก๊าซ CO_2 ของทุกกลุ่มตัวอย่างมีอัตราเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 4,509-26,810 มก./ตารางเมตร/วัน จนถึงปลายฤดูปลูก ส่วนดินร่วนปนทรายที่ -14 วัน พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซ CO_2 ของกลุ่มตัวอย่างควบคุม 18,078 มก./ตารางเมตร/วัน สูงกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (Figure 2(d)) หลังจาก 7 วัน พบว่าทุกกลุ่มตัวอย่างมีอัตราการปล่อยก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นจนถึงปลายฤดูปลูกอยู่ในช่วง 2,330.4-24,471 มก./ตารางเมตร/วัน

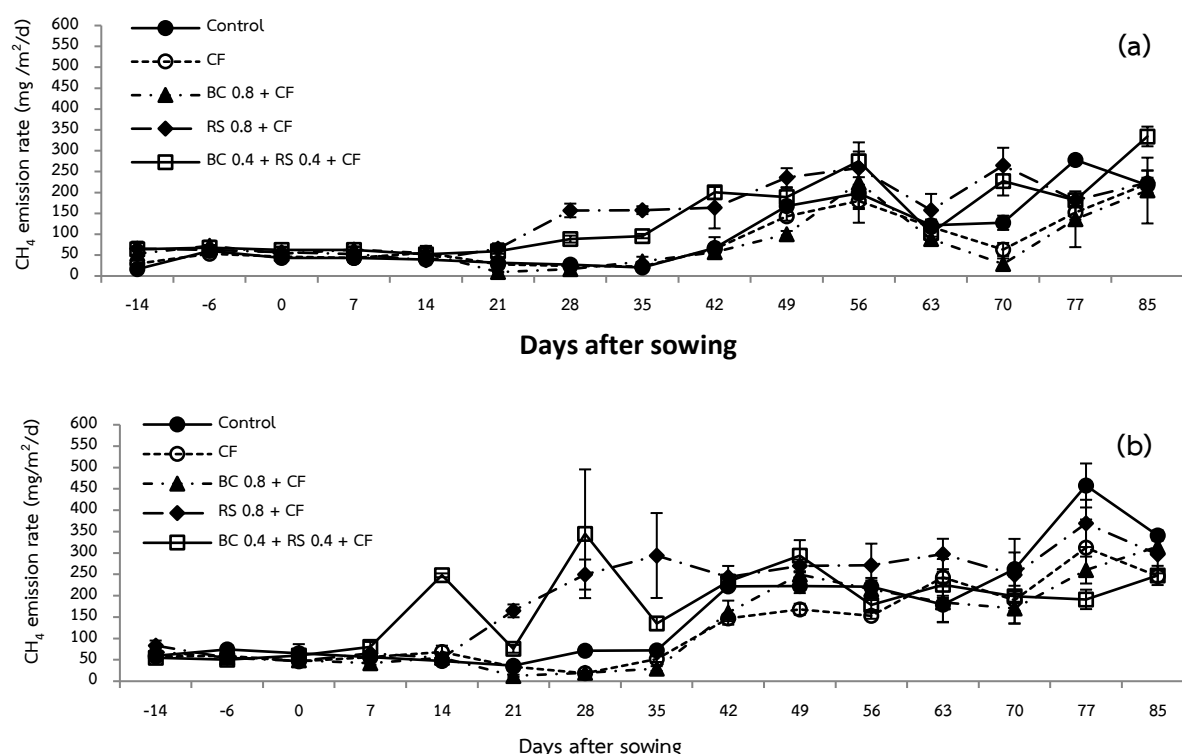


Figure 1 Methane emission rate of loam (a) and sandy loam (b) trial biochar and rice straw

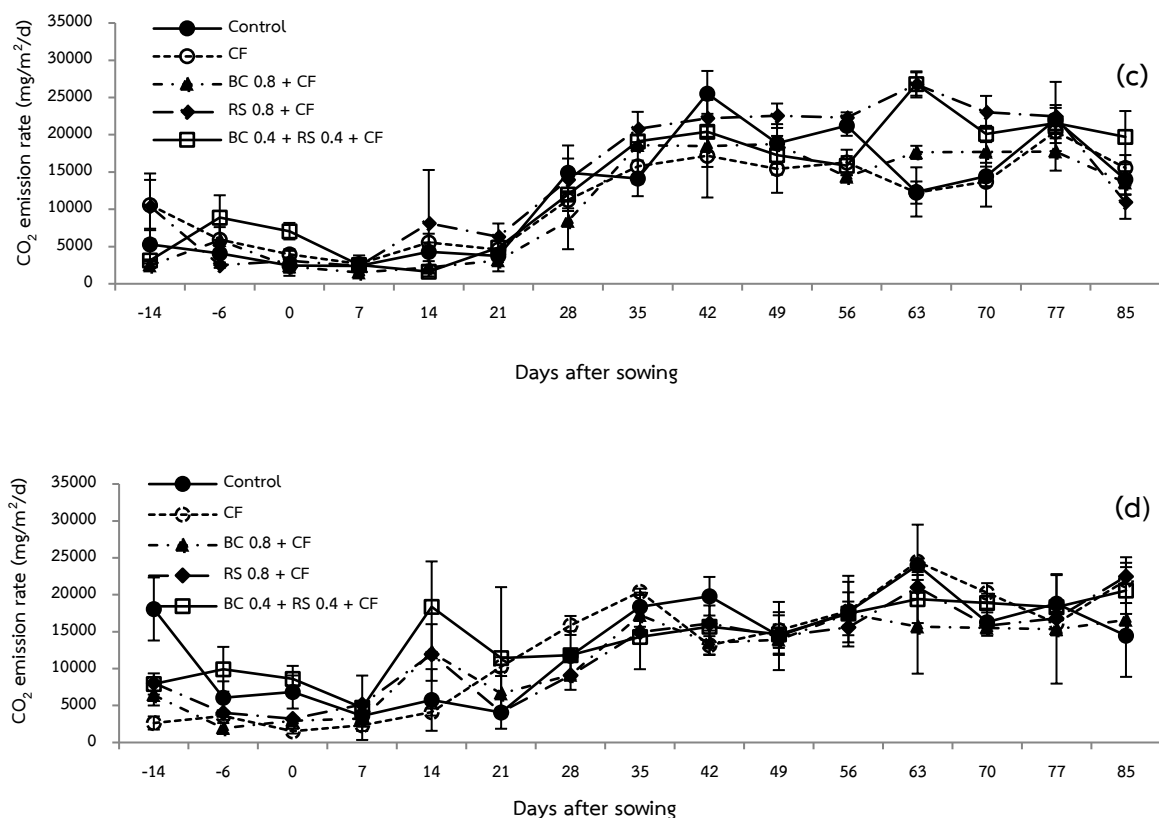


Figure 2 Carbon dioxide emission rate of loam (c) and sandy loam (d) trial biochar and rice straw

ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน ($\text{TCH}_4\text{-C}$) คาร์บอนไดออกไซด์ ($\text{TCO}_2\text{-C}$) ทั้งหมด และก๊าซเรือนกระจกตลอดฤดูปลูก (GHG-C)

ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดเมื่อคิดในหน่วยของคาร์บอน (Table 2) พบว่าในดินร่วนปนทรายปล่อยก๊าซ $\text{TCH}_4\text{-C}$ 11.65 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก มากกว่าของดินร่วนซึ่งปล่อยในปริมาณ 7.91 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาเฉพาะวัสดุอินทรีย์ พบว่ากลุ่มตัวอย่าง RS 800 กก./ไร่ ปล่อยก๊าซ $\text{TCH}_4\text{-C}$ มากที่สุด 12.85 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินกับวัสดุอินทรีย์ต่อปริมาณการปล่อย $\text{TCH}_4\text{-C}$ พบว่าดินร่วนปนทรายที่ได้รับ RS 800 กก./ไร่ จะปล่อย $\text{TCH}_4\text{-C}$ มากที่สุดในปริมาณ 15.07 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก ตามด้วยดินร่วนปนทรายที่ได้รับวัสดุอินทรีย์ผสม BC 400 + RS 400 กก./ไร่ ในปริมาณ 13.11 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก

อิทธิพลของเนื้อดินต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด ($\text{TCO}_2\text{-C}$) (Table 2) พบว่าของดินร่วนและดินร่วนปนทรายปล่อยก๊าซ $\text{TCO}_2\text{-C}$ ไม่ต่างกัน เมื่อพิจารณาเฉพาะวัสดุอินทรีย์ พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มี RS 800 กก./ไร่ และกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับวัสดุอินทรีย์ผสม BC 400 + RS 400 กก./ไร่ ปล่อย $\text{TCO}_2\text{-C}$ สูงกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ มีค่าอยู่ในช่วง 374.82-363.38 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก เนื้อดินกับวัสดุอินทรีย์มีอิทธิพลต่อปริมาณ

การปล่อย $\text{TCO}_2\text{-C}$ อย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน ส่วนอิทธิพลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดฤดูปลูก (GHG-C) พบว่าของดินร่วนและดินร่วนปนทรายปล่อยก๊าซ GHG-C ไม่ต่างกัน เมื่อพิจารณาเฉพาะวัสดุอินทรีย์ พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้รับวัสดุอินทรีย์ผสม BC 400 + RS 400 กก./ไร่ ปล่อย GHG-C สูงที่สุด 386.37 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก เนื่องจากวัสดุอินทรีย์มีอิทธิพลต่อปริมาณการปล่อย GHG-C อย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน

Table 2 Total methane-carbon content ($\text{TCH}_4\text{-C}$) Total carbon dioxide-carbon content ($\text{TCO}_2\text{-C}$) and Total greenhouse gas-carbon (GHG-C) trial biochar and rice straw.

Treatments (kg/rai)	$\text{TCH}_4\text{-C}$ (g $\text{CO}_2\text{eq/m}^2\text{/season}$)	$\text{TCO}_2\text{-C}$ (g $\text{CO}_2\text{eq/m}^2\text{/season}$)	GHG-C (g $\text{CO}_2\text{eq/m}^2\text{/season}$)
A: Soil texture			
Loam	7.91 B	342.11 A0	350.03 A
Sandy loam	11.65 A	341.30 A0	352.95 A
F-test (A)	**	ns	ns
B: Treatment			
Control	09.53 C	343.33 BC	0352.86 BC
Chemical Fertilizer (CF)	07.55 D	325.84 CD	0333.39 CD
Biochar (BC) 800+CF	07.43 D	301.17 D0	308.60 D
Rice Straw (RS) 800+CF	12.85 A	363.38 AB	0376.23 AB
BC 400 + RS 400+CF	11.54 B	374.82 A0	386.37 A
F-test (B)	**	**	**
A x B			
Loam (Control)	07.26 F	00329.94 CDEF	0337.20 DE
Loam (CF)	05.97 G	307.59 EF	313.56 E
Loam (BC 800+CF)	05.73 G	305.38 F0	311.11 E
Loam (RS 800+CF)	10.63 D	408006 A00	411.49 A
Loam (BC 400+RS 400+CF)	009.98 DE	0366.80 ABC	00376.77 ABC

Table 2 (Continued)

Treatments (kg/rai)	TCH ₄ -C (g CO ₂ eq/m ² /season)	TCO ₂ -C (g CO ₂ eq/m ² /season)	GHG-C (g CO ₂ eq/m ² /season)
Sandy loam (Control)	11.79 C	356.72 BCD	00368.51 BCD
Sandy loam (CF)	09.14 E	344.09 CDE	0353.23 CD
Sandy loam (BC 800+CF)	09.13 E	296.96 F00	306.09 E
Sandy loam (RS 800+CF)	15.07 A	325.91 DEF	00340.98 CDE
Sandy loam (BC 400+RS 400+CF)	13.11 B	382.85 AB0	0395.96 AB
F-test (A x B)	**	*	*
CV (%)	7.08	7.65	7.49

Different letters in a column indicate significant difference among treatments. ns = no significant , * P<0.05, ** P<0.01

ปริมาณคาร์บอนในดินหลังทดลอง

ปริมาณคาร์บอนในดิน (SOC) ก่อนทดลอง (Table 3) ในดินร่วนมีค่า 2,615.99 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ส่วนในดินร่วนปนทรายมีค่า 1996.18 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร เมื่อใส่วัสดุอินทรีย์ปริมาณ SOC เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2,154.60-2,476.84 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ส่วนหลังการทดลองปลูกข้าวหนึ่งฤดูปลูก พบว่า SOC มีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงจากผลก่อนการทดลอง หลังการทดลองพบว่า SOC ในดินร่วนมีค่า 2,660.70 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร มากกว่าในดินร่วนปนทรายซึ่งมีค่า 930.10 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร และต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่วัสดุอินทรีย์ของกลุ่มตัวอย่างต่าง ๆ ทำให้ปริมาณ SOC หลังการทดลองมีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับ RS 800 กก./ไร่ จะมีปริมาณ SOC ต่ำที่สุด 1,620.00 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ส่วนกลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ จะมี SOC สูงกว่าอยู่ในช่วง 1,720.50-2,020.10 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณ SOC จะขึ้นอยู่กับเนื้อดินและวัสดุอินทรีย์ (Table 3)

Table 3 Soil organic carbon (SOC) content of loam and sandy loam trial biochar and rice straw.

Treatments (kg/rai)	SOC Before experiment (g C/m ²)	SOC After experiment (g C/m ²)
A: Soil texture		
Loam	2,615.99	2,660.70 A
Sandy loam	1,996.18	0930.10 B
F-test (A)		**

Table 3 (Continued)

Treatments (kg/rai)	SOC	
	Before experiment (g C/m ²)	After experiment (g C/m ²)
B: Treatment		
Control	2,154.60	2,020.10 A
Chemical Fertilizer (CF)	2,154.60	1,840.60 AB
Biochar (BC) 800 +CF	2,476.84	1,720.50 AB
Rice Straw (RS) 800+CF	2,337.11	1,620.00 B0
BC 400+RS 400+CF	2,407.26	1,770.40 AB
F-test (B)		*
A x B		
Loam (Control)	2,460.00	2,880.60 A0
Loam (CF)	2,460.00	3,050.20 A0
Loam (BC 800+CF)	2,786.39	2,650.90 AB
Loam (RS 800+CF)	2,648.23	2,370.00 B0
Loam (BC 400+RS 400+CF)	2,717.31	2,370.00 B0
Sandy loam (Control)	1,845.19	1,170.00 C0
Sandy loam (CF)	1,845.19	640.00 D
Sandy loam (BC 800+CF)	2,167.29	0790.70 CD
Sandy loam (RS 800+CF)	2,025.99	0880.20 CD
Sandy loam (BC 400+RS 400 +CF)	2,097.22	1,170.60 C0
F-test (A x B)		*
CV (%)		16.59

Different letters in a column indicate significant difference among treatments. * P<0.05, ** P<0.01

น้ำหนักและปริมาณคาร์บอนในฟางข้าว รากข้าว และผลผลิตข้าว

หลังการเก็บเกี่ยวน้ำหนักฟางข้าวของดินร่วนและดินร่วนปนทรายไม่แตกต่างกัน (Table 4) การใส่วัสดุอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีผลทำให้น้ำหนักฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปฏิสัมพันธ์ของเนื้อดินกับวัสดุอินทรีย์มีผลต่อน้ำหนักฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญ หลังการเก็บเกี่ยวพบว่าชนิดของเนื้อดิน กลุ่มตัวอย่างทดลองต่าง ๆ ที่ใส่ให้แก่ดินและปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินกับกลุ่มตัวอย่างทดลองไม่มีผลต่อน้ำหนักราก ส่วนดินร่วนให้น้ำหนักเมล็ดข้าว 282.37 กรัม/ตารางเมตร ในขณะที่ของดินร่วนปนทรายให้น้ำหนักเมล็ดข้าว 165.80 กรัม/ตารางเมตร น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่กลุ่มตัวอย่างทดลองที่ใส่ BC 400 + RS 400 + CF และกลุ่มตัวอย่าง BC 800 + CF ให้น้ำหนักเมล็ด

257.24 และ 253.12 กรัม/ตารางเมตร ตามลำดับ และมากกว่าของกลุ่มตัวอย่างควบคุม 182.34 กรัม/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินกับกลุ่มตัวอย่างทดลองมีผลต่อน้ำหนักเมล็ดข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4)

ปริมาณคาร์บอนในฟางข้าวของดินร่วนและดินร่วนปนทรายไม่แตกต่างกัน (Table 4) การใส่วัสดุอินทรีย์และปุ๋ยเคมี มีผลทำให้ปริมาณคาร์บอนในฟางข้าวอยู่ในช่วง 508.42-564.42 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ เทียบกับกลุ่มตัวอย่างควบคุม 333.17 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินกับกลุ่มตัวอย่างทดลองไม่มีผลต่อปริมาณคาร์บอนในฟางข้าว และปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินกับกลุ่มตัวอย่างทดลองไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณคาร์บอนในรากข้าว ปริมาณคาร์บอนในเมล็ดข้าวที่ได้จากดินร่วน 87.49 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร มีค่ามากกว่าของดินร่วนปนทราย 51.37 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมของกลุ่มตัวอย่าง BC 400 + RS 400 + CF และกลุ่มตัวอย่าง BC 800 + CF ให้ปริมาณคาร์บอนในเมล็ดอยู่ในช่วง 79.71-78.43 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร และพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินกับกลุ่มตัวอย่างทดลองมีอิทธิพลต่อปริมาณคาร์บอนเมล็ดข้าว (Table 4)

Table 4 The Carbon (weight and content) in rice straw, root and grain.

Treatments (kg/rai)	Weight (g/m ²)			Carbon content (g C/m ²)		
	Rice Straw	Root	Grain	Rice Straw	Root	Grain
A: Soil texture						
Loam	1,137.60 A	282.00 A	282.37 A	544.52 A	137.60 A	87.49 A
Sandy loam	985.20 A	364.83 A	165.80 B	471.59 A	178.02 A	51.37 B
F-test (A)	ns	ns	**	ns	ns	**
B: Treatment						
Control	696.00 B	290.20 A	182.34 B0	333.17 B	141.60 A	63.85 AB
Chemical Fertilizer (CF)	1,062.20 A	299.80 A	206.05 AB	508.42 A	146.28 A	56.50 B
Biochar (BC) 800+CF	1,210.90 A	301.54 A	253.12 A0	579.60 A	147.13 A	78.43 A
Rice Straw (RS) 800+CF	1,158.80 A	375.46 A	221.68 AB	554.69 A	183.20 A	68.69 AB
BC 400 + RS 400+CF	1,179.20 A	350.08 A	257.24 A0	564.42 A	178.00 A	79.71 A
F-test (B)	*	ns	*	*	ns	*
A x B						
Loam (Control)	699.80 B	235.28 A	222.93 BC	334.95 B	114.80 A	69.08 BC
Loam (CF)	1,081.30 AB	231.84 A	225.24 BC	517.57 AB	113.12 A	69.79 BC
Loam (BC 800+CF)	1,356.50 A	244.08 A	342.20 A0	649.30 A	119.10 A	106.03 A
Loam (RS 800+CF)	1,293.60 A	385.96 A	243.52 B0	619.22 A	188.33 A	075.46 B
Loam (BC 400+RS 400+CF)	1,256.80 A	312.84 A	377.96 A0	601.59 A	152.65 A	117.11 A

Table 4 (Continued)

Treatments (kg/rai)	Weight (g/m ²)			Carbon content (g C/m ²)		
	Rice Straw	Root	Grain	Rice Straw	Root	Grain
Sandy loam (Control)	692.30 B	345.12 A	189.17 BC	331.39 B	168.40 A	58.62 BC
Sandy loam (CF)	1,043.00 AB	367.76 A	139.44 C0	499.27 AB	179.45 A	43.21 C
Sandy loam (BC 800+CF)	1,065.20 AB	359.00 A	164.04 BC	509.89 AB	175.17 A	58003 BC
Sandy loam (RS 800+CF)	1024.00 AB	364.96 A	199.84 BC	490.15 AB	178.08 A	061.92 BC
Sandy loam (BC 400+RS 400+CF)	1,101.50 A	387.32 A	136.52 C0	527.26 A	188.99 A	42.30 C
F-test (A x B)	*	ns	*	*	ns	*
CV (%)	25.44	47.99	27.35	25.44	47.99	27.35

Different letters in a column indicate significant difference among treatments. ns = no significant, * P < 0.05, ** P < 0.01.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การปลดปล่อยก๊าซ CH₄ และ CO₂ ในดินนา

การใส่ถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CH₄ และ CO₂ จากดินนา เนื่องจากสมบัติของถ่านไม้ยูคาลิปตัสที่มีองค์ประกอบส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่าย ได้แก่ อินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายง่าย สารระเหยง่าย เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส (Table 1) ซึ่งแสดงถึงปริมาณสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตก๊าซ CH₄ (Methanogenic archaea) มีจำกัดทำให้ลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ดังกล่าวลง ส่งผลให้ปริมาณการสร้างก๊าซดังกล่าวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Haefele *et al.* (2011) และ Wu *et al.* (2012) ในขณะที่ส่วนที่คงตัว ได้แก่ คาร์บอนที่คงตัว (62.01%) อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (64.42%) และลิกนิน (88.72%) กลับมีปริมาณสูงซึ่งเป็นส่วนที่ยากต่อการเข้าย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน (Ververis *et al.*, 2007) เนื่องจากมีโครงสร้างที่เป็นอะโรมาติกคาร์บอน (Aromatic C) และส่วนของโครงสร้างที่มีชื่อว่า เศษแผ่นแกรฟีน (Fragmented graphene sheets) มีลักษณะสีดำ ความพรุนสูงและคงทนต่อการย่อยสลายเป็นองค์ประกอบอยู่มาก

ถ่านไม้ยูคาลิปตัสมีอิทธิพลต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าชนิดของเนื้อดิน แม้ว่าเนื้อดินที่ต่างกันจะประกอบด้วยจำนวนของเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ในปริมาณที่ต่างกันก็ตาม จะมีอิทธิพลต่อขนาดของช่องว่าง (Pore size) ซึ่งเป็นที่อยู่และส่งเสริมให้ก๊าซเคลื่อนที่ในดินได้ ดินร่วนปนทรายจะมีเม็ดดินขนาดใหญ่ในปริมาณมากกว่าดินร่วนจึงทำให้ยากต่อการปล่อยก๊าซ จากสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อดินที่ต่างกันข้างต้นส่งผลให้เนื้อดินนั้นจะมีอิทธิพลต่ออัตราการปล่อย CO₂ และ CH₄ ซึ่งพบว่าดินร่วนจะมีอัตราการปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ ต่ำกว่าดินร่วนปนทรายแม้ว่าดินร่วนจะมีสะสมคาร์บอนในดินมากกว่าก็ตาม

การสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน

อิทธิพลของการใส่ถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าวที่มีต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน การใส่ถ่านไม้ยูคาลิปตัส 800 กก./ไร่ ส่งเสริมการสะสมปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับดิน

ที่ได้รับฟางข้าวอย่างเดียว เนื่องจากดินจะดูดซับกับพื้นผิวของวัสดุอินทรีย์ด้วยกลไกการดูดซับ Clay-polyvalent cations (P)-non LOC, clay-P-SOC, clay-P-LOC และ clay-P-clay สัดส่วนของ non LOC:SOC (หรือปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายยากต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินทั้งหมด) จึงเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่สำคัญที่บ่งบอกถึงความคงตัวของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Sriwichai, 2018)

น้ำหนักและปริมาณคาร์บอนในเมล็ดข้าวและมวลชีวภาพของต้นข้าว

การศึกษาการพบว่ามีกลุ่มตัวอย่างที่ใส่ถ่านไม้ยูคาลิปตัสอย่างเดียวและกลุ่มตัวอย่างที่ใส่ถ่านไม้ยูคาลิปตัสผสมกับฟางข้าวจะให้ผลผลิตข้าวสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ เนื่องจากถ่านไม้ยูคาลิปตัสที่ศึกษานี้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.22 กรัม/กิโลกรัม ปริมาณเถ้าของถ่านไม้ยูคาลิปตัสที่ศึกษานี้มีค่า 3.76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ ได้แก่ ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของแคลเซียม แมกนีเซียม และกลุ่มคาร์บอนอนินทรีย์ ดังกล่าวเมื่อสลายตัวแล้วจะให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แก่ต้นข้าว ในการสร้างเมล็ดและมวลชีวภาพ (ราก ฟางข้าว)

สรุปผลการวิจัย

ดินร่วนและดินร่วนปนทรายเมื่ออยู่ภายใต้อิทธิพลของถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าวมีการปล่อย $\text{TCH}_4\text{-C}$ 7.91 และ 11.65 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก ส่วนการปล่อย $\text{TCO}_2\text{-C}$ ของดินร่วนและของดินร่วนปนทรายเมื่ออยู่ภายใต้อิทธิพลของถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าวมีค่า 342.11 และ 341.30 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก ทำให้ TGHG-C ของดินร่วนและของดินร่วนปนทรายมีค่า 350.03 และ 352.95 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตารางเมตร/ฤดูปลูก ซึ่งปริมาณก๊าซ CH_4 และ CO_2 ที่ถูกปล่อยออกมาจากดินสู่บรรยากาศนั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นทั้งหมดในดิน นอกจากนั้นผลลัพธ์จากการสลายตัวของถ่านไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าวก่อให้เกิดการสะสม SOC ของดินร่วนและของดินร่วนปนทรายได้ 2,660.70 และ 930.10 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ในส่วนของคาร์บอนในเมล็ดข้าวที่ผลิตได้จากดินร่วนและดินร่วนปนทรายนี้นั้นมีค่า 87.49 และ 51.37 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ฟางข้าวมีค่า 544.52 และ 471.59 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร และรากข้าวมีค่า 137.60 และ 178.02 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนทั่วไป และทุนส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอขอบคุณศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสาขาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์ให้ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณนางกุลธิดา ดอนอยู่ไพร ผู้อำนวยการกลุ่มวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนากิจการเกษตรเขตที่ 2 กรมวิชาการเกษตร ที่มอบทุน

วิจัยจากโครงการวิจัยและพัฒนาต้นแบบศูนย์ความเป็นเลิศด้านการผลิตกาแฟในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง จากงบประมาณ
คณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

เอกสารอ้างอิง

- Ali, M.A., P.J. Kim and K. Inubushi. 2015. Mitigating yield-scaled greenhouse gas emissions through combined application of soil amendments: a comparative study between temperate and subtropical rice paddy soils. **Science of the Total Environment** 529: 140-148.
- American Standard Test Methods (ASTM). 2007. **Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal**. Pennsylvania: American Standard Test Methods International. 2 p.
- Baver, L.D., W.H. Gardner and W.R. Gardner. 1972. **Soil Physics**. 4th Ed. New York: John Wiley and Sons. 528 p.
- Butnan, S., J.L. Deenik, B. Toomsan, M.J. Antal and P. Vityakon. 2015. Biochar characteristics and application rates affecting corn growth and properties of soils contrasting in texture and mineralogy. **Geoderma** 237-238: 105-116.
- Haefele, S.M., Y. Konboon, W. Wongboon, S. Amarante, A.A. Maarifat, E.M. Pfeiffer and C. Knoblauch. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. **Field Crop Res.** 121: 430-440.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. **IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007**. [Online]. Availableh https://www.ipcc.ch/publications_and-2-1-1.html. (July 1, 2016).
- Minamikawa, K., N. Sakai and H. Hayashi. 2005. The effects of ammonium sulfate application on methane emission and soil carbon content of a paddy field in Japan. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 107: 371-379.
- Moody, P.W. and P.T. Cong. 2008. **Soil Constraints and Management Package (SCAMP): Guidelines for Sustainable Management of Tropical Upland Soil: ACIAR Monograph No.130**. Canberra: Australian Center for International Agricultural Research. 85 p.
- Saenjan, P., N. Thammasom, C. Phy and D. Tulaphitak. 2015. Use of eucalyptus biochar and rice straw for rice yields and carbon footprint reduction under environment-friendly condition. **KHON KAEN AGR. J.** 43(1): 373-379. [in Thai]
- Saengjan, P., S. Ro and P. Vityakon. 2015. Methane fluxes and rice yields as a function of sulfate fertilizer with incorporated rice stubble. **KKU Res. J.** 20(3): 337-345. [in Thai]

- Sriwichai, W. 2018. **Emission Quantity and Formation of Greenhouse-carbon Gases in Different Textural Paddy Soils Receiving Biochar and Rice Straw: Case Study of Pot Experiment and Soil Incubation.** Master Thesis. Khon Kaen University. 98 p. [in Thai]
- Sriwichai, W., D. Tulaphitak, P. Lawongsa and P. Saenjan. 2018. Soil organic carbon and stable carbon locations in different textural paddy soils. **KHON KAEN AGR. J.** 46(3): 483-488. [in Thai]
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization: TGO). 2023. **Climate Action Tool for Carbon Neutral-Net Zero Future.** Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. 23 p. [in Thai]
- Ververis, C., K. Georghiou, D. Danielidis, D.G. Hatzinikolaou, P. Santas, R. Santas and V. Corleti. 2007. Cellulose, hemicelluloses, lignin and ash content of some organic materials and their suitability for use as paper pulp supplements. **Bioresource Technology** 98(2): 296-301.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-33.
- Wu, F., Z. Jia, S. Wang, S.X. Chang and A. Startsev. 2012. Contrasting effects of wheat straw and its biochar on greenhouse gas emissions and enzyme activities in a Chernozemic soil. **Biol. Fert. Soils.** 49: 555-565.

ผลของการใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อ

The Effects of Feeding Fermented Black Sesame Meal in Broiler Diets on Growth Performance, Carcass traits and Meat Quality

ทองเลียน บัวจุม¹ บัวเรียม มณีวรรณ^{1*} สโรชา ยะแสง¹ อภิญญา บุญบรรลุ¹ จุฑารัตน์ อร่ามฤทัยกุลพนา²
อรัทัย เหล่ฮู้ดี² และสรชัย ธนชัยโสภณ²

Tonglian Buwjoom¹, Buaream Maneewan^{1*}, Sarocha Yasang¹, Apinya Boonbanlu¹
Jutarat Aramarithaikulpana², Orathai Looudi² and Sorachai Thanachaisopon²

¹คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี ลำพูน 51140

¹Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Department of Agricultural Biotechnology, Lamphun College of Agriculture and Technology, Lamphun, Thailand 51140

*Corresponding author: Buaream@mju.ac.th

Abstract

The study on the effect of using fermented black sesame meal (FBS) in broiler diet on growth performance, carcass quality, and meat quality was conducted on Ross 308 male day-old chicks. The experiment was a Completely Randomized Design (CRD), divided into 3 groups with 4 replications, 12 birds per replication, totaling 144 birds. In Group 1, the control group (CON), the chickens were fed a control diet without FBS. Groups 2 and 3, the chickens were fed a diet containing 2.50% and 5.00 % FBS, respectively. The experimental period was five weeks. The results showed that growth performance and carcass quality were not different ($P>0.05$). Meat quality was also not different ($P>0.05$), except that the pH of breast and thigh meat 24 hours post-mortem in the 2.50% FBS group was lower than that in the 5.00% FB and CON groups ($P<0.05$). In conclusion, using FBS as an alternative protein source in broiler diets up to 5.00% does not affect growth performance, carcass quality, or meat quality.

Keywords: broiler, fermented black sesame meal, carcass quality, meat quality

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของการใช้กากงาดำหมัก ในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ใช้ลูกไก่พันธุ์ Ross 308 เพศผู้ อายุ 1 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 3 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว รวมเป็น 144 ตัว ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 ให้กลุ่มอาหารควบคุมที่ไม่มีกากงาดำหมัก กลุ่มที่ 2 และ 3 กลุ่มอาหารที่ใช้กากงาดำหมักในอาหารที่ระดับ 2.50 และ 5.00% ตามลำดับ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ผลจากการทดลองพบว่า การใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก ($P>0.05$) คุณภาพเนื้อไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อหน้าอกและสะโพกที่ 24 ชั่วโมง กลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักที่ระดับ 2.50% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มใช้กากงาดำหมักที่ระดับ 5.00% และกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ดังนั้นกล่าวได้ว่าสามารถใช้กากงาดำหมักเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในอาหารไก่เนื้อได้ถึง 5.00% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ

คำสำคัญ: ไก่เนื้อ กากงาดำหมัก คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ

คำนำ

ปัจจุบันประชากรโลกมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ความต้องการบริโภคอาหารจากสัตว์ เช่น เนื้อ นม ไข่ มีอัตราเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื้อไก่เป็นอีกวัตถุดิบอาหารหนึ่งที่ประชากรนิยมบริโภคมาก เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย และราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น (Department of Livestock Development, 2023) อุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อจึงต้องเพิ่มอัตราการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค และมุ่งเน้นการผลิตให้ได้ปริมาณผลผลิตที่มาก และมีคุณภาพ ซึ่งต้นทุนการผลิตไก่เนื้อกว่า 70% มาจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผสมเพื่อเลี้ยงสัตว์ หนึ่งในนั้นคือวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่มีราคาสูงกว่าวัตถุดิบแหล่งอื่น ทำให้นักวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ต้องเสาะหาวัตถุดิบแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อลดหรือทดแทนการใช้วัตถุดิบแหล่งโปรตีนเดิมที่มีราคาสูง และไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพของผลผลิตที่ได้ ซึ่งกากงาดำหมักเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในปัจจุบัน เนื่องจากกากงาดำเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดงาดำ ทำให้มีโปรตีนสูงถึง 46% (Bansiddhi and Bansiddhi, 2004) วิสาหกิจชุมชนคนปงยังมา อำเภอดง จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ในการปลูกและผลิตเมล็ดงาดำเพื่อสกัดน้ำมันมากกว่า 100 ไร่ ส่งผลให้มีกากงาดำเป็นผลพลอยได้ 4-5 ตัน/ปี กากงาดำที่เป็นผลพลอยได้นี้ เก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน เนื่องจากมีไขมันหลงเหลืออยู่จึงทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ทำให้สามารถจำหน่ายในราคาเพียง 10 บาท/กิโลกรัม จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าการนำกากงาดำมาหมักทำให้มีกลิ่นหอมเพิ่มขึ้น และสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 6 เดือน จากการศึกษาของ Nucharin *et al.* (2025) ที่นำกากงาดำที่เหลือจากการสกัดเย็นเพื่อผลิตน้ำมันงาดำ ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรคนปงยังมา อำเภอดง จังหวัดเชียงใหม่ มาทำการหมักโดยผสมกากงาดำ น้ำตาล และเกลือ ในอัตราส่วน 100:4:1 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีความชื้น 4.87% เถ้ารวม 8.14% โปรตีนรวม 31.89% เยื่อใยรวม 11.61% ไขมันรวม 28.73% แคลเซียม 1.77% ฟอสฟอรัส 1.14% คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย 14.76% โดยน้ำหนักแห้ง และมีพลังงานรวม

4,281.81 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ดังนั้นหากสามารถนำมาใช้ในสูตรอาหารสัตว์ได้จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่กากงาดำ และสามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารสัตว์ มีการศึกษาการใช้กากงาดำในสูตรอาหารไก่เนื้อ พบว่าการใช้กากงาดำมากกว่า 10% ในสูตรอาหาร ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและปริมาณอาหารที่กินลดลง (Tangtaweewipat and Cheva-Isarakul, 1994) เนื่องจากในกากงาดำมีสารออกซาเลท (680-2620 มก./100 ก) เยื่อใย และไฟติกสูง เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบจากพืชอื่น ๆ ส่งผลให้การย่อยและดูดซึมได้ของแร่ธาตุหลายชนิดในคนและสัตว์ลดลง (Kamchan *et al.*, 2004) เทคโนโลยีการหมักสามารถลดสารต้านโภชนะ และปริมาณเยื่อใยรวม ในขณะเดียวกันช่วยเพิ่มกรดอะมิโนอิสระ กรดไขมันและแร่ธาตุในกากงาดำ (Das and Ghosh., 2015) ทำให้สามารถลดออกซาเลทและไฟติกในกากงาดำ และสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนรวม ไขมัน และฟอสฟอรัส ที่ใช้ประโยชน์ได้ในกากงาหมัก (Hajimohammadi *et al.*, 2020) ดังนั้นจึงสนใจศึกษาการใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อ เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ในจังหวัดเชียงใหม่ ในการเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ในท้องถิ่น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบอาหารสัตว์

นำกากงาดำดิบ จากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรคนบึงยี่ม้า อำเภอดง จังหวัดเชียงใหม่ ผสมกับน้ำตาลและเกลือป่นในอัตราส่วน 100:4:1 และเติมน้ำกลั่น 65% ของน้ำหนักส่วนผสม ผสมให้เข้ากัน นำใส่ถุงดำและดูอากาศออกจากถุงดำให้หมด เก็บไว้ในที่ร่มและแห้ง หมักเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนบดให้ละเอียด และเก็บในถุงหรือภาชนะที่ปิดสนิทก่อนนำไปผสมในสูตรอาหารไก่เนื้อ

สัตว์ทดลองและอาหารทดลอง

ใช้ลูกไก่เนื้อพันธุ์ Rose 308 เพศผู้ แรกเกิด จำนวน 144 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว โดยตัวอย่างทดลองได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์ เลขที่ MACUC040A/2565 อาหารทดลอง ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 ให้อาหารควบคุมที่ไม่มีกากงาดำหมักในสูตรอาหาร กลุ่มที่ 2 และ 3 ให้อาหารที่ส่วนประกอบของกากงาดำหมักในสูตรอาหารที่ระดับ 2.50 และ 5.00% ตามลำดับ ซึ่งส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแบ่งเป็น 2 ระยะตามช่วงอายุที่ทดลอง (Table 1 และ Table 2) ตลอดระยะเวลาการทดลองให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ ทำการเลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ศึกษาปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาของการทดลอง

การศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ โดย ทำการสุ่มไก่ ข้าละ 3 ตัว รวมทั้งหมด 36 ตัว ทำการรออาหารไก่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักไก่รายตัว และเชือดเอาเลือดออก ถอนขน ตัดแบ่งชิ้นส่วน โดยแบ่งเป็นส่วนหัวรวมคอ เนื้ออกนอก เนื้ออกใน ปีกทั้งหมด สะโพก น่อง แข้งรวมเท้า หัวใจ ตับ ม้าม กระเพาะแตรวม กระเพาะบด อวัยวะภายในรวม และโครงกระดูก จากนั้นชั่งน้ำหนักและจดบันทึกน้ำหนักของแต่ละชิ้นส่วน คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วน ในด้านของคุณภาพเนื้อ สุ่มไก่ข้าละ 3 ตัว รวมทั้งหมด 36 ตัว ทำการเชือดเอาเลือดออก และเก็บเนื้ออกนอกและสะโพกเพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ คือ วัดค่าสี และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเนื้ออกและสะโพกที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า และวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้ออกและสะโพก (Water Holding Capacity: WHC) ตามวิธีของ Malamaneerat *et al.* 2020 วัดค่าแรงตัดผ่านเนื้ออกและสะโพก โดยตัดเนื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร นำเข้าเครื่องวัดแรงตัดผ่านเนื้อ (Instron Model 3433 Universal test machine, USA) และวัดค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้ออกตามวิธีของ Prommachart *et al.* (2021)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนแบบ One way Analysis of Variance (One-way ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 28.0.0 (190)

Table 1 Ingredients and nutrient composition of experiment diets (0-3 week)

Item	Control	FBS 2.50%	FBS 5.00%
Corn	45.00	42.50	44.00
Soybean meal	34.00	32.00	30.00
Fish meal	5.00	5.00	5.00
Rice bran oil	5.00	4.00	3.25
Rice bran	8.00	9.75	9.50
Broken rice	1.75	3.00	2.00
Limestone	0.25	0.25	0.25
Dicalcium phosphate (14% P)	0.25	0.25	0.25
Salt	0.50	0.50	0.50
Premix	0.25	0.25	0.25

Table 1 (Continued)

Item	Control	FBS 2.50%	FBS 5.00%
Fermented black sesame meal	0.00	2.50	5.00
Total	100.00	100.00	100.00
Calculated chemical composition (% dry matter basis)			
Crude protein	23.00	23.00	23.00
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,200.00	3,200.00	3,200.00
Crude fiber	5.17	5.17	5.17
Ether extract	5.25	5.25	5.25
Calcium	1.00	1.00	1.00
Available phosphorus	0.45	0.45	0.45

¹Premix supplies (per Kg premix), vitamin A 2,000,000 IU, vitamin D3 400,000 IU, vitamin E 3,500 IU, vitamin K3 0.18 g, vitamin B2 0.8g, vitamin B6 0.56g, vitamin B12 2 mg, Panthotinic acid 1.89 g, Nicotinic acid 4 g, Follic acid 60 mg, Biotin 18 mg, Coline 95g, Copper 2 g, Manganese 16 g, Iron 12 g, Iodine 120 mg, Zinc 16 g, Cobalt 60 mg, and Selenium 32 mg

Table 2 Ingredients and nutrient composition of experiment diets (4-5 week)

Item	Control	FBS 2.50%	FBS 5.00%
Corn	47.75	53.25	52.00
Soybean meal	27.00	26.00	23.00
Fish meal	4.00	4.00	4.00
Rice bran oil	3.25	3.00	2.00
Rice bran	10.00	8.00	9.75
Broken rice	6.75	2.00	3.00
Limestone	0.25	0.25	0.25
Dicalcium phosphate (14% P)	0.25	0.25	0.65
Salt	0.50	0.50	0.50
Premix	0.25	0.25	0.25
Fermented black sesame meal	0.00	2.50	5.00
Total	100.00	100.00	100.00

Table 2 (Continued)

Item	Control	FBS 2.50%	FBS 5.00%
Calculated chemical composition (% dry matter basis)			
Crude Protein	20.00	20.00	20.00
Metabolizable energy (Kcal/Kg)	3,200.00	3,200.00	3,200.00
Crude Fiber	5.17	5.17	5.17
Ether Extract	5.25	5.25	5.25
Calcium	0.80	0.80	0.80
Available phosphorus	0.52	0.52	0.52

¹Premix supplies (per Kg premix), vitamin A 2,000,000 IU, vitamin D3 400,000 IU, vitamin E 3,500 IU, vitamin K3 0.18 g, vitamin B2 0.8g, vitamin B6 0.56g, vitamin B12 2 mg, Panthotinic acid 1.89 g, Nicotinic acid 4 g, Folic acid 60 mg, Biotin 18 mg, Coline 95g, Copper 2 g, Manganese 16 g, Iron 12 g, Iodine 120 mg, Zinc 16 g, Cobalt 60 mg, and Selenium 32 mg

ผลการวิจัย

การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต

จากผลการทดลอง พบว่าการใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อ ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ตลอดระยะเวลาทดลอง ($P>0.05$) (Table 3)

การศึกษาคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ

จากผลการทดลอง พบว่าการใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อ ไม่มีผลต่อคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ($P>0.05$) (Table 4 และ Table 5) ยกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเนื้ออกและสะโพกที่ 24 ชั่วโมง หลังสัตว์ตาย กลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักที่ระดับ 2.50% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักที่ระดับ 5.00% และกลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

Table 3 The effect of experimental diets on feed intake, body weight gain and feed conversion ratio

Item	Fermented black sesame meal (%)			SEM	P-value
	0.00	2.50	5.00		
Feed intake (g/b/w)					
1-3 weeks	285.82	272.08	291.92	4.20	0.14
4-5 weeks	728.56	735.75	790.00	14.84	0.19
1-5 weeks	474.02	457.55	491.15	7.13	0.16

Table 3 (Continued)

Item	Fermented black sesame meal (%)			SEM	P-value
	0.00	2.50	5.00		
Body weight gain (g/b/w)					
1-3 weeks	173.53	162.95	174.18	3.17	0.29
4-5 weeks	267.32	309.25	324.38	18.38	0.47
1-5 weeks	212.55	221.47	234.25	6.10	0.49
Feed conversion ratio					
1-3 weeks	1.68	1.67	1.71	0.03	0.79
4-5 weeks	3.13	2.43	2.66	0.24	0.51
1-5 weeks	2.29	1.97	2.09	0.10	0.50

Table 4 The effect of experimental diets on carcass quality of broilers (%live weight)

Item	Fermented black sesame meal (%)			SEM	P-value
	0.00	2.50	5.00		
Live weight (g)	1,323.20	1,378.40	1,320.80	38.44	0.82
Hot carcass	78.19	77.66	75.83	0.54	0.18
Head and neck	8.01	8.19	8.52	0.12	0.51
Wings	9.83	9.89	9.87	0.89	0.97
Pectoralis major	16.53	18.01	16.93	0.39	0.27
Pectoralis minor	3.49	3.67	3.55	0.07	0.60
Thighs	13.64	14.70	14.64	0.27	0.22
Drumsticks	13.07	12.80	13.22	0.15	0.55
Legs and feet	5.33	5.56	5.62	0.11	0.55
Skeleton frame	28.33	25.67	26.25	0.53	0.09
Visceral organs	12.70	12.12	12.11	0.36	0.78
Heart	0.69	0.69	0.65	0.02	0.72
Proventriculus and gizzard	2.66	2.56	2.51	0.11	0.86
Liver	2.80	2.76	2.78	0.08	0.98
Spleen	0.26	0.27	0.25	0.03	0.97
Intestine	6.30	5.85	5.92	0.21	0.67
Abdominal fat	1.78	1.48	1.41	0.10	0.31

Table 5 The effect of experimental diets on meat pH, color, water holding capacity, shear force and lipid oxidation of broiler meat

Item		Fermented black sesame meal (%)			SEM	P-value
		0.00	2.50	5.00		
pH 45 minutes	Breast meat	5.78	5.84	6.18	0.08	0.11
post mortem	Thigh meat	5.87	5.90	5.95	0.02	0.36
pH 24 hours	Breast meat	5.63 ^a	5.44 ^b	5.64 ^a	0.03	<0.01
post mortem	Thigh meat	5.73 ^a	5.57 ^b	5.79 ^a	0.03	<0.01
Breast meat color 45 minutes	L*	50.86	53.29	51.34	0.53	0.14
post mortem	a*	15.14	13.74	13.90	0.40	0.32
	b*	7.56	9.91	8.56	0.71	0.44
Thigh meat color 45 minutes	L*	53.87	53.71	51.60	0.80	0.48
post mortem	a*	15.96	15.73	17.25	0.48	0.42
	b*	10.10	10.18	10.61	0.38	0.87
Breast meat color 24 hours	L*	58.71	60.30	57.03	0.71	0.17
post mortem	a*	15.76	14.83	16.24	0.56	0.63
	b*	10.76	12.96	10.84	0.64	0.31
Thigh meat color 24 hours	L*	62.17	60.64	61.06	0.64	0.64
post mortem	a*	16.83	16.48	17.36	0.37	0.66
	b*	11.02	12.65	12.24	0.44	0.32
Drip loss (%)	Breast meat	18.32	16.43	17.43	0.45	0.25
	Thigh meat	16.52	20.01	20.42	0.78	0.05
Cooking loss (%)	Breast meat	17.91	15.53	15.75	0.51	0.10
	Thigh meat	18.33	19.17	19.08	0.50	0.80
Shear force value (kg/cm ²)	Breast meat	0.93	1.04	1.05	0.05	0.62
	Thigh meat	0.89	0.78	0.71	0.04	0.11
Breast meat						
Lipid oxidation	D0	0.24	0.25	0.33	0.02	0.13
(mg MDA/kg meat)	D3	0.44	0.44	0.37	0.02	0.51
	D7	0.47	0.59	0.52	0.02	0.05

^{a,b} within the row mean significant difference between treatment (P<0.05).

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวตลอดระยะเวลาทดลอง ซึ่งแตกต่างกับ Naksungnern *et al.* (2016) ที่พบว่าการใช้กากงาดำในอาหารไก่กระທးທးระดับ 6.00 และ 8.00% ช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการศึกษาในครั้งนี้มีการใช้กากงาดำหมักในสูตรอาหารเพียง 2.50 และ 5.00% ซึ่งมีการใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า และสอดคล้องกับ Tangtaweewipat and Cheva-Isarakul (1995) รายงานว่าไม่ควรใช้กากงาดำทดแทนกากั่วเหลืองในสูตรอาหารไก่เนื้อและไก่ไข่เกินกว่า 5.00% เนื่องจากอาจทำให้เกิดความไม่สมดุลของกรดอะมิโนในสูตรอาหาร ในการศึกษาครั้งนี้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักจะสูงกว่าที่เลี้ยงในทางอุตสาหกรรมที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดทั่วไป เนื่องจากเลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดจึงได้รับผลจากอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่สูงตามธรรมชาติ ในด้านคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อหลังสัตว์ตาย ของการศึกษาครั้งนี้ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นค่า pH ของเนื้อหน้าอกและสะโพกที่ 24 ชั่วโมง กลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักที่ระดับ 2.50% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักที่ระดับ 5.00% และกลุ่มควบคุม ซึ่งค่า pH ในเนื้อไก่ แสดงถึงปริมาณของกรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นจากระบวนการไกลโคไลซิสแบบไม่ใช้ออกซิเจนเมื่อไก่ตาย และสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ ทำให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อลดลง (Ali *et al.*, 2008) และนอกจากกระบวนการหลังไก่ตาย ความเครียดก่อนการฆ่าก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพเนื้อเช่นกัน (Fernandes *et al.*, 2016) ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าค่า pH ทั้งในเนื้ออกและสะโพกของกลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 5.00% ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่กลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักในอาหารที่ระดับ 2.50 % มีค่า pH น้อยกว่ากลุ่มอื่นทั้งนี้คาดว่าป็นผลจากในกากงาดำมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Askander *et al.*, 2023) ดังนั้นในเนื้ออกและสะโพกของกลุ่มที่ได้รับกากงาดำหมักที่ระดับ 2.50% จึงน่าจะมีสารต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 5.00% และกลุ่มควบคุม ซึ่งสารอนุมูลอิสระสามารถช่วยลดการเสื่อมสภาพของโปรตีนและไขมันในเนื้ออกไก่จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Deng *et al.*, 2024) การมีสารต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าคาดทำให้มีการเสื่อมสภาพของโปรตีนและไขมันในเนื้ออกไก่และสะโพกจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้ออกมากกว่า และโปรตีนที่เสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลง (Offer, 1991) จึงส่งผลให้ค่า pH ของกลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักที่ระดับ 2.50% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้กากงาดำหมักที่ระดับ 5.00% และกลุ่มควบคุม แต่อย่างไรก็ตามยังคงอยู่ในช่วงค่าปกติที่พบในเนื้ออกไก่ที่ 24 ชั่วโมงหลังไก่ตาย ซึ่งมีค่าระหว่าง 5.35 – 6.04 (Le Bihan-Duval *et al.*, 2008)

สรุปผลการวิจัย

สามารถใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อได้ถึง 5.00% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก ดังนั้นกากงาดำหมักสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการฝึกอบรมหลักสูตรประกาศนียบัตรเกษตรกรก้าวหน้า (Smart farming) ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และขอขอบคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการสนับสนุนสถานที่ในการวิจัย และวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- Ali, Md.S., GH. Kang and S.T. Joo. 2008. A review: influences of pre-slaughter stress on poultry meat quality. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences** 21(6): 912-916.
- Askander, N.Z., H.M. Ali, M.A. Kenawi and R.R. Abdelsalam. 2023. Phytochemical profile and antioxidant activity of sesame seed (*Sesamum indicum*) by-products for improving cupcake self life Minia. **Journal of Agricultural Research and Development** 43(4): 873-886.
- Bansiddhi, K. and T. Bansiddhi. 2004. Value of unroasted black sesame seed cake. **Journal of Science and Technology Ubon Ratchathani University** 16(2): 47-54. [in Thai]
- Das, P. and K. Ghosh. 2015. Improvement of nutritive value of sesame oil cake in formulated diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) after bio-processing through solid state fermentation by a phytase-producing fish gut bacterium. **International Journal of Aquatic Biology** 3(2): 89-101.
- Department of Livestock Development. 2023. **Broiler operations plan no. 4 (2023-2027)**. [Online]. Available chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://planning.dld.go.th/th/images/stories/section-17/policy/strategic_13.pdf (September 26, 2024). [in Thai]
- Fernandes, R.V., A.M. Arruda, A.S. Melo, J.M. Marinho, R.V. Fernandes and L.C. Figueiredo. 2016. Chemical composition and pH of the meat of broilers submitted to pre slaughter heat stress. **Journal of Animal Behavior and Biometeorology** 4(4): 93-95.
- Hajimohammadi, A., M. Mottaghitlab and M. Hashemi. 2020. Effects of microbial fermented sesame meal and enzyme supplementation on the intestinal morphology, microbiota, pH, tibia bone and blood parameters of broiler chicks. **Italian Journal of Animal Science** 19(1): 457-467.
- Kamchan, A., P. Puwastien, P. Prapaisri, P. Sirichakwal and R. Kongkachuichai. 2004. *In Vitro* calcium bioavailability of vegetables, legumes and seeds. **Journal of Food Composition and Analysis** 17(3-4): 311-320.
- Le Bihan-Duval, E., M. Debut, C.M. Berri, N. Sellier, V. Santé-Lhoutellier, Y. Jégo and C. Beaumont. 2008. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. **BMC Genetics** 9(2008): 53.

- Malamaneerat, J., B. Maneewan, K. Chukiatsiri and J. Panatuk. 2020. Use of black soldier fly larvae (BSFL) fed with soy waste powder in broiler diet on growth performance, carcass composition and meat quality. **Khon Kaen Agriculture Journal** 48(5): 942-953. [in Thai]
- Naksungnern, A., J. Karpkarn, K. Chukiatsiri and J. Panatuk. 2016. Effects of dietary sesame meal (*Sesamum indicum* L.) supplementation on productive performances and carcass characteristic in broiler. **Khon Kaen Agriculture Journal** 44(1): 523-527. [in Thai]
- Nucharin, P., A. Boonbanlu, R. Somboonchai and P. Nakayan. 2025. Effect of fermented black sesame (*Sesamum indicum* L.) meal in laying hen diet on egg production performance and quality. **Maejo Journal of Agricultural Production** 7(3): [in press]. [in Thai]
- Offer, G. 1991. Modeling of the formation of pale, soft and exudative meat: effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat Science** 30: 57-184.
- Prommachart, R., A. Cherdthong, C. Navanukraw, P. Pongdontri, W. Taron, J. Uriyapongson, and S. Uriyapongson. 2021. **Effect of dietary anthocyanin extracted residue on meat oxidation and fatty acid profile of male dairy cattle**. [Online]. Available <https://doi.org/10.3390/ani11020322> (January 19, 2025).
- Tangtaweewipat, S. and B. Cheva-Isarakul. 1994. **Sesame meal as soybean substitute in poultry diets**. [Online]. Available <https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:85392> (September 26, 2024). [in Thai]
- Tangtaweewipat, S. and B. Cheva-Isarakul. 1995. Sesame meal as soybean substitute in broiler diets. **Journal of Agriculture** 11(1): 27-38. [in Thai]

การศึกษาการเพาะฟักและอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์สองประชากรระดับความหนาแน่นที่
แตกต่างกันในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิดต้นแบบเกษตรอัจฉริยะบนระบบไอโอที (IoT)
Study on the incubation and nursing of two populations rainbow trout at
different stocking densities in a semi-closed recirculating water system for smart
agriculture using IoT system

ณรงค์ชัย สงวนศรี¹ วชิระ เกตุเพชร¹ สานนท์ น้อยชื่น¹ ศิวศักดิ์ กิตติสาย¹ ประสาน พรโสภณ²
ธนัช ศิริศึกษา² และวรจักร เมืองใจ³

Narongchai Sangunsri¹, Wachira Ketpet¹, Sanon Noichun¹, Siwasak Kitisai¹
Prasarn Pornsophon², Thanat Sirisuksa² and Worachak Muangjai³

¹มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ 50100

²ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50290

³มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 50300

¹Royal Project Foundation, Chiang Mai, Thailand 50100

²Aquaculture Research and Development Regional Center 1 (Chiang Mai), Chiang Mai, Thailand 50200

³Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, Thailand 50300

*Corresponding author: wachiraketpet@hotmail.co.th

Abstract

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is a freshwater fish that lives in cold water with a temperature range of 12-25 degrees Celsius. The Royal Project Foundation, in collaboration with the Department of Fisheries, has successfully studied its aquaculture since 1998. However, current climate change has affected rainbow trout aquaculture, causing continuous and prolonged fish fry mortality. This research aimed to study the application of the recirculating aquaculture system (RAS), a prototype of smart agriculture based on the IoT system, for the hatchery and nursery of two all-female rainbow trout populations with different chromosome numbers, namely 2N (diploid) and 3N (triploid), to solve the problem of fish fry mortality. It was assumed that fish fry with different chromosome numbers may respond differently to the recirculating aquaculture system (RAS).

The study was divided into two activities: Activity 1: Hatching of rainbow trout eggs at the eyed stage from two populations for 30 days. It was found that the hatching rate of the 3N population was 97.02±0.23%, higher than that of the 2N population at 91.13±0.07%. There were 42,726 live eggs, more than the 2N population with 39,387 live eggs. There were 1,625 atresic eggs, fewer than the 2N

population with 4,147 atresic eggs. This was because the 3N population was stronger than the 2N population, resulting in more live eggs and a higher hatching rate. The difference was statistically significant ($p < 0.05$). However, the weight and length of the newly hatched fish were higher in the 3N population, but not statistically significant ($p > 0.05$). After 30 days of incubation, the 3N population had a higher survival rate (90.79%) than the 2N population (86.76%). As for the specific growth rate, the 2N population ($7.15 \pm 0.00\%$) had a higher specific growth rate than the 3N population ($6.86 \pm 0.00\%$), while the average weight and average length of the two populations were not significantly different ($p > 0.05$).

Activity 2: Nursery of two populations of rainbow trout at different stocking densities in a semi-closed recirculating water system for 90 days. It was found that the stocking density of 2,000 fish was the most suitable for the nursery of rainbow trout because it resulted in the highest survival rate for both the 2N population ($94.07 \pm 0.15\%$) and the 3N population ($93.87 \pm 0.60\%$). The specific growth rate, average weight, and average length of all treatments were not significantly different ($p > 0.05$).

Keywords: nursery system, rainbow trout, recirculating aquaculture system, smart agriculture
IoT system

บทคัดย่อ

ปลาเรนโบว์เทราต์ (*Oncorhynchus mykiss*) เป็นปลาน้ำจืดที่อาศัยอยู่ในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิของน้ำ 12-25 องศาเซลเซียส มูลนิธิโครงการหลวงร่วมกับกรมประมงได้ศึกษาวิจัยการเพาะเลี้ยงจนประสบความสำเร็จ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน ส่งผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ ทำให้ประสบปัญหาลูกปลาตายในระหว่างเพาะเลี้ยงมาอย่างต่อเนื่องและยาวนาน การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเทคโนโลยีระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating Aquaculture System, RAS) ต้นแบบเกษตรอัจฉริยะบนระบบไอโอที (IoT) มาประยุกต์ใช้ในการเพาะฟักและอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์สองประชากรเพศเมียล้วน (All female) ที่มีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน คือ 2N (Diploid) และ 3N (Triploid) เพื่อแก้ไขปัญหาการตายของลูกปลาดังกล่าว โดยมีสมมุติฐานว่าลูกปลาที่มีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันอาจมีการตอบสนองต่อการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน โดยแบ่งเป็น 2 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 การฟักไข่ระยะมีจุดตาของปลาเรนโบว์เทราต์สองกลุ่มประชากร เป็นเวลา 30 วัน พบว่าอัตราฟักไข่ของกลุ่มประชากร 3N มีค่า $97.02 \pm 0.23\%$ สูงกว่ากลุ่มประชากร 2N ที่มีค่าอัตราฟักไข่ $91.13 \pm 0.07\%$ มีจำนวนไข่ดี 42,726 ฟอง มากกว่ากลุ่มประชากร 2N ที่มีจำนวนไข่ดี 39,387 ฟอง และมีจำนวนไข่เสีย 1,625 ฟอง น้อยกว่ากลุ่มประชากร 2N ที่มีจำนวนไข่เสีย 4,147 ฟอง ทั้งนี้เป็นเพราะกลุ่มประชากร 3N มีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มประชากร 2N จึงมีจำนวนไข่ดีมากกว่าสามารถเพาะฟักได้ในอัตราสูงกว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มีน้ำหนักและความยาวของลูกปลาฟักใหม่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) และหลังจากเพาะฟักเป็นเวลา 30 วัน พบว่ากลุ่มประชากร 3N มีอัตราการรอดตายมากกว่า (90.79%) กลุ่มประชากร 2N (86.76%) ส่วนอัตรา

การเจริญเติบโตจำเพาะพบว่าการกลุ่มประชากร 2N ($7.15 \pm 0.00\%$) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่ากลุ่มประชากร 3N ($6.86 \pm 0.00\%$) ในขณะที่น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ย ทั้ง 2 กลุ่มประชากรไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กิจกรรมที่ 2 การอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์ 2 กลุ่มประชากรที่ระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกันในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิดเป็นเวลา 90 วัน พบว่าระดับความหนาแน่นที่ 2,000 ตัว มีความเหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์มากที่สุด เพราะให้อัตรารอดตายมากที่สุด ทั้งกลุ่มประชากร 2N ($94.07 \pm 0.15\%$) และกลุ่มประชากร 3N ($93.87 \pm 0.60\%$) ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ย ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: ระบบการอนุบาล เรนโบว์เทราต์ ระบบน้ำหมุนเวียน เกษตรอัจฉริยะ ระบบไอโอที

คำนำ

ปลาเรนโบว์เทราต์มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Oncorhynchus mykiss* (Harvey Pough *et al.*, 1990) มีถิ่นกำเนิดจากทวีปอเมริกาเหนือแถบชายฝั่งด้านมหาสมุทรแปซิฟิก มีชื่อสามัญ Rainbow Trout, Steelhead trout หรือ Kamloops trout (Scott and Crossman, 1985) เป็นปลาน้ำจืดที่อาศัยอยู่ในลำธารตามธรรมชาติของทวีปอเมริกาเหนือ เช่น แคนาดา และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น อาศัยอยู่ในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิของน้ำ 12 องศาเซลเซียส และไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส สำหรับประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2516 พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร มีรับสั่งให้กรมประมงหาพันธุ์ปลาที่สามารถเลี้ยงได้บนดอยหรือในที่ที่มีอากาศหนาวเย็นมาเพาะเลี้ยง เพื่อสร้างอาชีพและรายได้ให้กับชาวเขาบนพื้นที่สูง ในปี พ.ศ. 2541 มูลนิธิโครงการหลวงร่วมกับกรมประมงได้มีการวิจัยการเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ขึ้นอีกครั้งจนประสบความสำเร็จ (Oonsrisong *et al.*, 2001) ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกในปัจจุบัน ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเปลี่ยนแปลง บางปีมีน้ำมาก บางปีมีน้ำน้อย สถานการณ์ดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อ การเพาะเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ในพื้นที่หน่วยวิจัยประมงบนพื้นที่สูงดอยอินทนนท์ ทำให้ประสบปัญหาลูกปลาทายในระหว่างการเพาะเลี้ยงและอนุบาลอย่างต่อเนื่องและยาวนาน โดยเฉพาะลูกปลาเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิต ซึ่งการลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและอนุบาลลูกปลาจะทำให้ลูกปลามีอัตราการรอดตายมากขึ้นส่งผลให้ปลามีผลผลิตมากขึ้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาเพิ่มประสิทธิภาพในการอนุบาลลูกปลาโดยระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating Aquaculture System, RAS) เพราะเป็นระบบที่ทันสมัยเหมาะสำหรับนำมาประยุกต์ใช้กับการเพาะเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ของมูลนิธิโครงการหลวงได้ โดยสามารถควบคุมคุณภาพน้ำให้สม่ำเสมอ โดยเฉพาะอุณหภูมิ น้ำ ปริมาณการใช้น้ำ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่มีความจำเป็นต่อการอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ตลอดทั้งปี

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสัตว์ทดลอง

การทดลองใช้สถานที่เพาะฟักที่หน่วยวิจัยประมงบนพื้นที่สูงดอยอินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ลูกปลาที่ใช้ทดลองได้จากการนำเข้าไข่ปลาเพศเมียล้วนระยะมีตา (Eyed stage) จากบริษัท Trout lodge ประเทศสหรัฐอเมริกา แบ่งเป็น 2 กลุ่มประชากร คือ กลุ่มประชากรโครโมโซม 2 ชุด และกลุ่มประชากรโครโมโซม 3 ชุด (เป็นหมัน) อย่างละ 50,000 ฟอง ฟักไข่ในตะกร้าขนาด 40x25x20 ตารางเซนติเมตร จำนวน 12 ตะกร้า แขนงไว้ในรางฟักขนาด 300x50x25 ตารางเซนติเมตร ที่มีน้ำไหลผ่านในอัตรา 10-15 ลิตรต่อนาที และมีการให้อากาศโดยควบคุมให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำในรางอนุบาลไม่น้อยกว่า 6 ppm ควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 10-12 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งนำพลาสติกดำมาคลุมไว้เพื่อป้องกันแสง หลังจากเพาะฟักจึงนำมาใช้ในงานวิจัย อนุบาลลูกปลาโดยให้อาหารโปรตีนไม่น้อยกว่า 42% ให้อาหารจำนวน 8 ครั้งต่อวัน ในปริมาณ 5-8% ของน้ำหนักตัวต่อวัน

การเตรียมรางอนุบาลในระบบน้ำหมุนเวียนกึ่งปิดอัตโนมัติ

ออกแบบระบบน้ำหมุนเวียน ประกอบด้วย 7 ระบบ (Figure 1) ดังนี้ 1) ระบบบำบัดน้ำ ประกอบด้วย ระบบกรองน้ำ ตัวกรองแบบดรัม (Drum filter) อัตราการไหลของน้ำ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และระบบกรองน้ำชีวภาพ ใช้ถังบรรจุน้ำ ขนาด 3,000 ลิตร ภายในถังบรรจุวัสดุกรอง (Moving bed media) 2) ระบบฆ่าเชื้อด้วย UV ประกอบด้วยบ่อพักน้ำ ขนาด 335x429x223 ลูกบาศก์เซนติเมตร ภายในติดตั้งหลอด UV ขนาด 40 วัตต์ จำนวน 10 หลอด (Thompongkrang and Preedalampabut 2021) 3) ระบบเติมออกซิเจนเติมผ่านปั๊มลมซูเปอร์ชาร์จเติมอากาศด้วยหัวทรายภายในบ่อพักน้ำ เพื่อให้ Moving bed เคลื่อนที่ตลอดเวลา และเครื่องผลิตออกซิเจนบริสุทธิ์ 93-95% และเติมผ่านเครื่อง Oxygen cone 4) ระบบอนุบาล ประกอบด้วยรางสแตนเลส ขนาด 300x50x25 ตารางเซนติเมตร มีท่อระบายน้ำ และท่อให้อากาศโดยควบคุมปริมาณออกซิเจนในรางอนุบาล 5) ระบบทำความเย็น โดยใช้ปั๊มน้ำขนาด 0.5 แรงม้า ขนาดของคอมเพรสเซอร์ ขนาด 380-420 โวลต์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในบ่อพักให้อยู่ระหว่าง 10-12 องศาเซลเซียส สำหรับการฟักไข่ และ 15-18 องศาเซลเซียส สำหรับการอนุบาลลูกปลา 6) ระบบให้อาหารปลาอัตโนมัติที่สามารถตั้งค่าปริมาณและเวลาการให้อาหารได้ รางละ 1 เครื่อง ติดตั้งบริเวณจุดกึ่งกลางของรางห่างจากท่อน้ำเข้าประมาณ 50 เซนติเมตร โดยสามารถควบคุมแบบอัจฉริยะ กำหนดเวลาให้อาหารตามแผนการทดลองได้ 7) ระบบควบคุมแบบอัจฉริยะ ประกอบไปด้วยตัวรับสัญญาณขาเข้าจาก เซ็นเซอร์ต่าง ๆ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด PLC ซึ่งมีหน้าที่ประมวลผล และควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด ออนไลน์ด้วยระบบ IoT (Internet of Thing) ผ่านแอปพลิเคชัน Haiwell Cloud แสดงผลผ่านหน้าจอแบบ LED

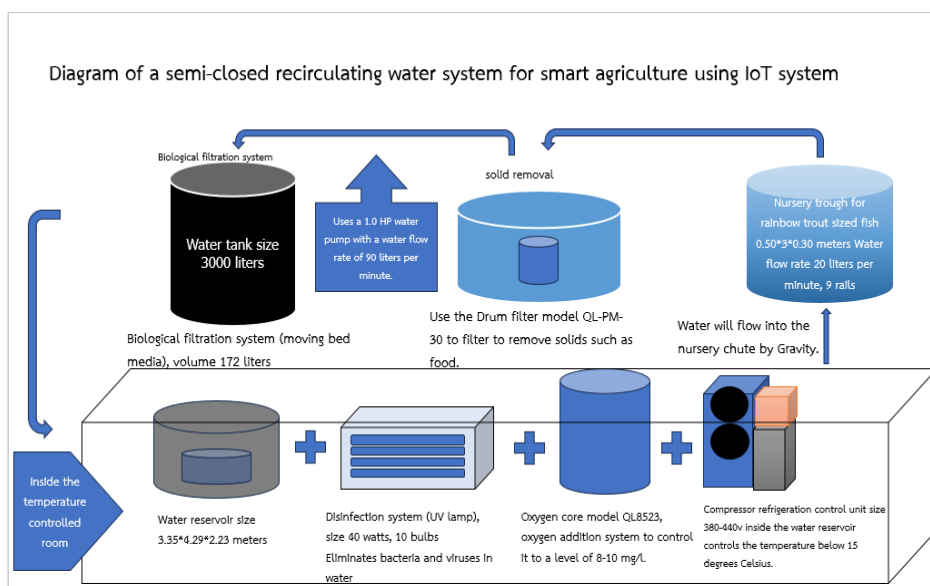


Figure 1 Diagram of a semi-closed recirculating water system for smart agriculture using IoT system

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) บันทึกข้อมูลด้วยตัว Aqua eye controller PT100 (Temperature sensor) DO sensor ทุกวัน ตรวจวิเคราะห์เดือนละ 2 ครั้ง ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วยกระดาษลิตมัส ความเป็นด่าง (Alkalinity) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ความกระด้าง (Hardness) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระในน้ำ (Free carbon dioxide) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยวิธีไตเตรท ตามวิธีกล่าวอ้าง โดย Duangsawat and Somsri (1985) และปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia) มีหน่วยวัดเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ JASCO V-730

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่คำนวณได้มาทดสอบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Two Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กิจกรรมที่ 1 การฟักไข่ของปลาเรนโบว์เทราต์สองกลุ่มประชากร

ทำการสุ่มนับไข่ปลาเพศเมียล้วนระยะมีจุดตาที่นำเข้ามาจากบริษัท Trout Lodge ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนับจำนวนไข่ลงในตะกร้าเพาะฟัก วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized design (CRD) โดยเปรียบเทียบการฟักไข่จากไข่ปลา 2 กลุ่มประชากร คือ กลุ่มประชากรโครโมโซม 2 ชุด และกลุ่มประชากรโครโมโซม 3 ชุด ชุดการทดลองละ 6 ซ้ำ สุ่มลงฟักในตะกร้าฟักไข่ที่แขวนในราง จำนวน 12 ตะกร้า ตะกร้าละ 3,000 ฟอง ทั้งนี้ใช้ตะกร้าฟักไข่จำนวน 6 ตะกร้าต่อราง

จำนวน 2 รวง รวมทั้งสิ้น 12 ตะกร้า ทำการบันทึกผล ได้แก่ จำนวนไข่ดี จำนวนไข่เสีย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไข่ %การฟัก อัตราการฟักไข่ จำนวนปลาที่เพาะฟักเป็นตัว จำนวนปลาผิดปกติ บันทึกข้อมูลจำเพาะอายุ 1,7,15 และ 30 วัน

กิจกรรมที่ 2 การศึกษาการอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์สองกลุ่มประชากรที่เพาะเลี้ยงในระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด

วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in Completely Randomized Design: CRD จำนวน 2 ปัจจัย ๆ ละ 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 ความหนาแน่น 2 ระดับ คือ 1,500 และ 2,000 ตัวต่อราง ปัจจัยที่ 2 ประชากรลูกปลาเรนโบว์เทราต์ จำนวน 2 กลุ่มประชากร คือ กลุ่มประชากรโครโมโซม 2 ชุด และ 3 ชุด ทำการสูมนับจำนวนลูกปลา อายุ 15 วัน อนุบาล ลูกปลาในรางอนุบาล ขนาด 300x50x25 ตารางเซนติเมตร ควบคุมน้ำไหลผ่านรางในอัตรา 10 ลิตรต่อนาที โดยมีการ เติมน้ำใหม่เข้าสู่ระบบ 10% และมีการให้อากาศโดยควบคุมให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรางอนุบาลไม่น้อยกว่า 6 ppm ตลอดระยะเวลาการอนุบาลด้วยชุดควบคุมอัจฉริยะ โดยให้อาหารจำนวน 8 ครั้งต่อวัน ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป โปรตีน 42% ในปริมาณ 5-8% ของน้ำหนักตัวต่อวัน บันทึกผลทุก 15 วัน เป็นเวลา 90 วัน เลี้ยงจนได้ลูกปลาขนาดนิ้ว (Fingerlings) น้ำหนักประมาณ 5 กรัม ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ อัตรารอดตาย (Survival rate) อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (Specific Growth Rate: SGR) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Daily Weight Gain: DWG) และความยาวเพิ่มต่อวัน (Daily Length Gain: DLG)

ผลการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 การฟักไข่และอนุบาลของปลาเรนโบว์เทราต์สองกลุ่มประชากร

การฟักไข่ลูกปลาเรนโบว์เทราต์สองกลุ่มประชากร พบว่าไข่ระยะมีจุดตาของกลุ่มประชากร 2N และ 3N มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางไข่เฉลี่ย 5.34 ± 0.28 และ 5.26 ± 0.36 มิลลิเมตร มีจำนวนไข่ดี 39,387 และ 42,726 ฟอง มีจำนวนไข่เสีย 4,174 และ 1,625 ฟอง คิดเป็นอัตราการฟักไข่เฉลี่ย 91.13 ± 0.07 และ $97.02 \pm 0.23\%$ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูล ทางสถิติพบว่า ขนาดไข่ทั้งสองกลุ่มประชากรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่อัตราการฟักไข่ ในกลุ่มประชากร 3N มีค่าสูงกว่ากลุ่มประชากร 2N แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ลูกปลาแรกฟัก ของทั้งสองกลุ่มประชากร มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.11 ± 0.00 และ 0.12 ± 0.00 กรัม และมีความยาวเหยียดเฉลี่ย 15.28 ± 1.34 และ 16.25 ± 1.06 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนักและความยาวเหยียด แรกฟัก ระหว่างสองกลุ่มประชากร ($p > 0.05$) (Table1)

Table 1 Hatching results of rainbow trout fry from two populations

Parameter	Duration (day)	Diploids (2N)	Triploids (3N)	P
Egg size at eye stage (mm)	1	5.34±0.28	5.26±0.36	0.785
Number of live eggs (eggs)	7	39,387±1,426.45 ^b	42,726±286.33 ^a	0.026
Number of atresia eggs (eggs)	7	4,147±11.15 ^a	1,625±78.95 ^b	0.014
Hatch rate (%)	7	91.13±0.07 ^b	97.02±0.23 ^a	0.020
Average weight of newly hatched fry (g)	8-14	0.11±0.00	0.12±0.00	1.000
Average total length (mm)	8-14	15.28±1.34	16.25±1.06	0.766

The mean (mean±SD) indicated by different English letters horizontally indicates a statistically significant difference ($p < 0.05$).

การอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์สองกลุ่มประชากรในระยะ 30 วัน พบว่าในด้านอัตราการรอดตายของลูกปลา กลุ่มประชากร 2N และกลุ่มประชากร 3N มีอัตราการรอดตายโดยอายุ 7 วัน มีอัตราการรอดตาย 94.04 และ 97.68% อายุ 15 วัน มีอัตราการรอดตาย 90.06 และ 94.29% และอายุ 30 วัน มีอัตราการรอดตาย 86.76 และ 90.79% เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มประชากร ($p < 0.05$) ในด้านอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของลูกปลากลุ่ม 2N และกลุ่ม 3N โดยอายุ 7 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 6.22 ± 0.00 และ 5.79 ± 0.00 % เมื่ออายุ 15 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 5.99 ± 0.00 และ 5.65 ± 0.00 % อายุ 30 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 7.15 ± 0.00 และ 6.86 ± 0.00 % เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะระหว่างสองกลุ่มประชากร ($p < 0.05$) ในด้านน้ำหนักเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มประชากรมีน้ำหนักเฉลี่ย อายุ 7 วัน 0.17 ± 0.00 และ 0.18 ± 0.00 กรัม อายุ 15 วัน 0.27 ± 0.00 กรัม และ 0.29 ± 0.00 กรัม อายุ 30 วัน 0.94 ± 0.00 และ 0.94 ± 0.00 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในด้านความยาวเฉลี่ย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกัน โดยอายุ 7 วัน มีความยาวเฉลี่ย 19.95 ± 1.78 และ 19.54 ± 1.38 มิลลิเมตร อายุ 15 วัน 28.94 ± 1.94 และ 29.55 ± 2.01 มิลลิเมตร อายุ 30 วัน 41.53 ± 4.64 และ 42.71 ± 2.59 มิลลิเมตร สรุปได้ว่ากลุ่มประชากรลูกปลาทั้ง 2 กลุ่ม เมื่ออายุ 7-30 วัน มีอัตราการรอดตายแตกต่างทางสถิติ โดยเฉพาะกลุ่มประชากร 3N มีอัตราการรอดมากกว่ากลุ่มประชากร 2N แต่กลุ่มประชากร 2N มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่ากลุ่มประชากร 3N ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยของลูกปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

Table 2 Survival rate, and growth of rainbow trout fry from two populations during 7-30 days old

Parameter	Age of fish fry (days)	Diploids (2N)	Triploids (3N)	P
Survival rate (%)	7	94.04 ^b	97.68 ^a	0.012
	15	90.06 ^b	94.29 ^a	0.015
	30	86.76 ^b	90.79 ^a	0.014
Specific growth rate (%)	7	6.22±0.00 ^a	5.79±0.00 ^b	0.023
	15	5.99±0.00 ^a	5.65±0.00 ^b	0.019
	30	7.15±0.00 ^a	6.86±0.00 ^b	0.013
Daily weight gain/per day (g)	7	0.17±0.00	0.18±0.00	1.000
	15	0.27±0.00	0.29±0.00	1.000
	30	0.94±0.00	0.94±0.00	1.000
Daily length gain/per day (mm)	7	19.95±1.780	19.54±1.380	0.214
	15	28.94±1.970	29.55±2.010	0.692
	30	41.53±4.640	042.7±259	1.000

The mean (mean±SD) indicated by different english letters horizontally indicates a statistically significant difference (p<0.05).

กิจกรรมที่ 2 การอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์สองกลุ่มประชากรที่เพาะเลี้ยงในระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกันในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด

จาก Table 3 พบว่าปัจจัยในเรื่องกลุ่มประชากรทั้งสองกลุ่มประชากรไม่มีผลต่อทุกลักษณะการเจริญเติบโต ในขณะที่ความหนาแน่นของการอนุบาลมีผลอย่างแตกต่างกันมีนัยสำคัญยิ่ง (p<0.01) ต่ออัตราการรอด แต่ไม่มีผลกับลักษณะอื่น ๆ ส่วนในเรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มประชากรและความหนาแน่นมีผลอย่างมีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) แต่ไม่มีผลกับลักษณะอื่น ๆ เช่นเดียวกัน ซึ่งในที่นี้พบว่าการอนุบาลปลาที่ระดับความหนาแน่น 2,000 ตัว มีอัตราการรอดมากที่สุด (93.967%) ทั้งกลุ่มประชากรดิพลอยด์ (2N) หรือกลุ่มประชากรเทริพลอยด์ (3N) โดยมีอัตราการรอดมากที่สุดเมื่อมีความหนาแน่น 2,000 ตัว คือ 94.067 และ 93.867% ตามลำดับ

Table.3 Results of rearing two populations of rainbow trout at different densities in a semi-closed recirculating water system, a prototype of smart agriculture based on IoT (IoT), after cultivation for 90 days

Populations	Density	Survival rate ^{1/} (%)	Daily weight gain (g)	Daily length gain (mm)	Specific growth rate (%)
2n		93.133	0.078	0.668	2.975
3n		92.933	0.082	0.660	3.027
	1,500	92.100 b	0.084	0.687	3.082
	2,000	93.967 a	0.075	0.642	2.920
2n	1,500	92.200 b	0.085	0.690	3.110
	2,000	94.067 a	0.071	0.647	2.840
3n	1,500	92.000 b	0.083	0.683	3.053
	2,000	93.867 a	0.080	0.637	3.000
F-test	Populations	ns	ns	ns	ns
	Density	**	ns	ns	ns
	Populations x Density	*	ns	ns	ns
	CV (%)	0.74	15.24	9.64	6.99

ns, *, ** = are non-significantly difference, significantly difference at P<0.05 and P<0.01, respectively

^{1/}Means within the same column followed by different letters are significantly different by DMRT

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาการฟักไข่ของปลาเรนโบว์เทราต์ 2 กลุ่มประชากรที่มีจำนวนชุดโครโมโซมแตกต่างกัน เป็นเวลา 30 วัน พบว่ากลุ่มประชากร 3N มีจำนวนไข่ดี อัตราการเพาะฟักมากกว่ากลุ่มประชากร 2N และมีจำนวนไข่เสียน้อยกว่าเพราะกลุ่มประชากร 3N มีความแข็งแรงกว่ากลุ่มประชากร 2N ทำให้มีจำนวนไข่ดีมากกว่า จึงมีอัตราการเพาะฟักที่สูงกว่า และเมื่อเพาะฟักพบว่าจะมีน้ำหนักและความยาวมากกว่า สอดคล้องกับการรายงานของ Lee *et al.* (2023) ที่พบว่าไข่ปลาเรนโบว์เทราต์ที่มีโครโมโซม 3 ชุด Triploids (3N) มีการเจริญเติบโตรวดเร็วกว่าไข่ปลาเรนโบว์เทราต์ที่มีโครโมโซม 2 ชุด Diploids (2N) ทั้งในด้านของน้ำหนักเฉลี่ยและความยาวตัว การศึกษาการอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์ 2 กลุ่มประชากรที่ระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกันในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด เป็นเวลา 90 วัน พบว่าระดับความหนาแน่นที่ 2,000 ตัว เหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์ เพราะลูกปลา มีอัตราการรอดตาย $94.07 \pm 0.15\%$ ซึ่งอาจเกิดจากการตายของลูกในความหนาแน่น 2 ระดับ มีจำนวนการตายใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์อัตราการรอดตาย

แล้วจึงทำให้เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายของกลุ่มระดับความหนาแน่น 2,000 ตัวสูงกว่า เพราะมีจำนวนปลาในการทดลองมากกว่าระดับความหนาแน่น 1,500 ตัว ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ย ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่ระดับความหนาแน่น 1,500 ตัว พบว่ามีแนวโน้มที่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ย มากกว่าเล็กน้อย ทั้ง 2 ประชากร เพราะมีระดับความหนาแน่นน้อยกว่า จึงทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ยมากกว่าระดับ ความหนาแน่นที่ 2,000 ตัว ในขณะที่ Suda *et al.* (2022) ได้ศึกษาการเลี้ยงปลาชะโอนในระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 250, 300, 350 และ 400 ตัว/ตรม. ในระบบหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็กต้นแบบเกษตรอัจฉริยะบนระบบ IoT เช่นเดียวกัน พบว่าอัตราการรอดตายทุกระดับความหนาแน่นไม่แตกต่างกัน คือ 100 ± 0.00 , 100 ± 0.00 , 99.28 ± 0.01 และ 98.92 ± 0.02 แต่ระดับความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มลดอัตราการรอดตายของปลา อย่างไรก็ตาม สำหรับการอนุบาลลูกปลาอาจมีระดับความหนาแน่นของลูกปลาแตกต่างกันไปในชนิดของปลาและระบบการอนุบาล ซึ่งในที่นี้ใช้วิธีอนุบาลลูกปลาในรางสแตนเลส ซึ่งแตกต่างจากวิธีการอนุบาลลูกปลาดุกอุยเทศในระบบน้ำไหลของ Detanun *et al.* (2021) ที่ใช้วิธีการอนุบาลในถังพลาสติกรูปวงรี โดยพบว่าระดับความหนาแน่นที่เหมาะสม คือ 500 ตัว/ตรม. เนื่องจากมีน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย และการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ระดับความหนาแน่น 5,000 ตัว/ตรม. มีอัตราการรอดสูงที่สุด และการอนุบาลลูกปลาหมอในกระชัง Ungsetthaphan *et al.* (2011) ที่พบว่าระดับความหนาแน่นที่เหมาะสม คือ 200 ตัว/ตร.ม. โดยที่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอด ไม่แตกต่างกับความหนาแน่นที่ 100 และ 50 ตัว/ตร.ม แต่ให้ค่าผลตอบแทนต่อต้นทุนสูงที่สุด ส่วนลูกปลาน้ำหมึกพบว่าระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาน้ำหมึกคือ 600 ตัว/ลบ.ม. (Seetapan, 2020)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษากการฟักไข่ของปลาเรนโบว์เทราต์ 2 กลุ่มประชากรที่มีจำนวนชุดโครโมโซมแตกต่างกัน เป็นเวลา 30 วัน พบว่ากลุ่มประชากร 3N มีจำนวนไข่ดี 42,726 ฟอง และอัตราการเพาะฟัก 97.02% มากกว่ากลุ่มประชากร 2N ที่มีจำนวนไข่ดี 39,387 ฟอง และอัตราการเพาะฟัก 91.13% และมีจำนวนไข่เสีย 1,625 ฟอง น้อยกว่ากลุ่มประชากร 2N ที่มีจำนวนไข่เสีย 4,147 ฟอง ทั้งนี้เป็นเพราะกลุ่มประชากร 3N มีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มประชากร 2N จึงมีจำนวนไข่ดีมากกว่า ทำให้สามารถเพาะฟักได้ในอัตราสูงกว่า และเมื่อเพาะฟักพบว่าจะมีน้ำหนักและความยาวมากกว่า แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และหลังจากเพาะฟักเป็นเวลา 30 วัน พบว่าอัตราการรอดตายจะลดลง โดยพบว่ากลุ่มประชากร 3N มีอัตราการรอดตายมากกว่า (90.79%) กลุ่มประชากร 2N (86.76%) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะพบว่ากลุ่มประชากร 2N ($7.15 \pm 0.00\%$) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่า กลุ่มประชากร 3N ($6.86 \pm 0.00\%$) ในขณะที่น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ย ทั้ง 2 กลุ่มประชากรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการศึกษากการอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์ 2 กลุ่มประชากรที่ระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกันในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด เป็นเวลา 90 วัน พบว่าระดับความหนาแน่นที่ 2,000 ตัวมีความเหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์มากที่สุด เพราะให้อัตราการรอดตายมากที่สุด ทั้งกลุ่มประชากร 2N ($94.07 \pm 0.15\%$) และกลุ่มประชากร 3N ($93.87 \pm 0.60\%$) ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ย ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

ระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิดตันแบบเกษตรอัจฉริยะบนระบบไอโอที (IoT) (RAS) มีการลงทุนค่อนข้างสูงในระยะแรก อาจเหมาะสมกับการอนุบาลในระยะสั้นเท่านั้น จึงควรมีการศึกษากำลังผลิตสูงสุด (Maximum carrying capacity) ในการอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์ เช่น 2,500-3,500 ตัว/ราง เพื่อหาศักยภาพสูงสุดในการอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์ หรือเพิ่มรอบการอนุบาลลูกปลาเพื่อให้มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์บุคลากรและวัสดุอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณกองทุนโครงการประมง มูลนิธิโครงการหลวงที่ให้ความอนุเคราะห์ปัจจัยการผลิต และขอขอบคุณสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการทำวิจัย จนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Detanun, P., K. Kasamawut and S. Saowakoon. 2021. Nursing of hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) in flow through water systems. **Agriculture and Technology Journal** 2(3): 22-33. [in Thai]
- Duangawut, M. and C. Somsri. 1985. **Water Properties and Analytical Methods for Fisheries Research**. Bangkok: Aquatic Animal Environment Research Division, National Freshwater Fisheries Research Institute, Department of Fisheries. 15 p.
- Harvey Pough, F., J.B. Heiser and W.M. McFarland. 1990. **Vertebrate Life**. 3rd edition. New York: Macmillan Publishing Company. 943 p.
- Lee, S.-B., J. Cadangin, S.-J. Park and Y.-H. Choi. 2023. Early-growth comparison of diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in South Korea. **Fisheries Aquatic Science** 26(7): 447-454.
- Oonsrisong, K., P. Phonsophon, M. Bunyaratphalin, S. Akkathaweewat, S. Ngamwongchon, T. Wierasin, G. Hoerstgen-Schwark and U. TerMeulen. 2001. **Experiments in Raising and Breeding Rainbow Trout at Doi Inthanon**. 37 p. Complete Research Report According to Research Project No. 3050-3081: Annual Budget 1999-2001. Bangkok: Royal Project Foundation.
- Scott, W.B. and E.J. Crossman. 1985. **Freshwater Fishes of Canada**. Toronto: The Bryant Press Limited. 184 p.

- Seetapan, K. 2020. Larval development and optimum density for nursing Mackerel barb juvenile, *Opsarius pulchellus*. **Khon Kaen Agriculture Journal** 48(1): 43-54. [in Thai]
- Suda, C., S. Unankard, D. Adoonsook, J. Promya and J. Duanwongsa. 2022. Culturing butter catfish (*Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794)) in different densities in the small, closed recirculating aquaculture system (RAS) under the limited water supply area of the smart agriculture model on the IoT system. **Khon Kaen Agriculture Journal** 50(2): 348-361. [in Thai]
- Thompongkrang, P. and Y. Preedalamphabut. 2021. Design of a UV sterilization unit and its effects on microbial reduction in the recirculating aquaculture system for (*Scatophagus argus* Linnaeus, 1766). **Academic Journal** 5(2021): 1-3
- Ungsetthaphan, T., T. Pimpimon and T. Worapassu. 2011. Study on diet and stocking density in net cage culture of climbing perch (*Anabas testudineus*) fingerlings. **Fisheries Technology Research Journal** 5(2): 1-10. [in Thai]

การศึกษาเบื้องต้นการนำเหง้าหญาคาทะเล (*Enhalus coroides*) จากขยะทะเล มาฟื้นฟูเพื่อชุมชนประมงพื้นบ้าน

Preliminary Study on Using Tape Seagrass (*Enhalus coroides*) Rhizomes From Marine Debris for Restoration in Artisanal Fishery Communities

สุรศักดิ์ ชูทอง¹ สุวรรณษา ชูเชิด^{1*} วัฒนา ณ นคร¹ ธงชัย นิตริรัฐสุวรรณ² พรเทพ วิรัชวงศ์²

สุพรรณพันธ์ โลหะลักษณ์เดช² นัฏฐา คชนทร์ภักดี² และจันทร์สว่าง งามผ่องใส³

Surasak Chutong¹, Suwansa Chuchert^{1*}, Wattana Na Nakorn¹, Thongchai Nitiratsuwarn²

Pornthep Wirachwong², Supraewpan Lohalaksnadech², Natta Kachenpukdee²

and Chansawang Ngamphongsai³

¹ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80110

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตรัง 92150

³ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ปทุมธานี 12120

¹Faculty of Agricultural, Nakhon Si Thammarat Campus, Rajamangala University of technology Srivijaya

Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

²Faculty of Fisheries Science and Technology, Trang Campus, Rajamangala University of technology Srivijaya

Trang, Thailand 92150

³National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency, Thailand

Science Park, Pathum Thani, Thailand 12120

*Corresponding author: nitiratsuwarn@gmail.com

Abstract

Seagrass beds are crucial ecosystems, but they are currently facing significant decline. Wirachwong (2021) observed numerous seagrass rhizomes washed ashore mixed with marine debris. This led to the idea of collecting these rhizomes (*Enhalus coroides*), rehabilitating them to a healthy state, and replanting them in their natural habitat with the help of local fishing communities. This preliminary study focused on the recovery of seagrass rhizomes by using two methods: floating in seawater and planting in soil. The study utilized three types of chemical fertilizers (slow-release 13-13-13, 40-0-0, and 15-15-15) and an organic fertilizer (pelleted chicken manure), which were planted like lotus, along with growth stimulants for shoots (BA) and roots (NAA), and with aeration in water for 45 days. Data collected included the number of leaves, leaf length, the number and size of roots, and plant size. Results showed that planting rhizomes in soil with organic or slow-release fertilizer promoted

new leaf growth and the good development of old leaves. Floating rhizomes in water resulted in new leaf growth (the number of leaves was 3, leaf length was 10.3-12.0 cm; the number of roots was 2, root length was 4.2-5.8 cm, and root size was 0.2-0.3 cm). However, the floating method in seawater allowed new leaves to form, but old leaves began to decay. Therefore, planting in soil with organic or slow-release fertilizer, and possibly adding BA and NAA, produced good growth results. This finding serves as a guideline to promote seagrass regeneration methods for local fishing communities while ensuring effective land use management.

Keywords: *Enhalus coroides*, seagrass rhizome, restoration

บทคัดย่อ

แหล่งหญ้าทะเลเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง แต่ปัจจุบันพบปัญหาการลดลงของหญ้าทะเลเป็นอย่างมาก พรเทพ วิรัชวงศ์ (2564) ได้สังเกตว่ามีเหง้าหญ้าคาทะเลจำนวนมากถูกพัดขึ้นมายบริเวณชายหาดที่อยู่ใกล้กับพื้นที่หญ้าทะเลปะปนอยู่กับขยะทะเล จึงมีแนวคิดในการเก็บเหง้าหญ้าคาทะเล (*Enhalus coroides*) มาปักพื้นเพื่อให้แข็งแรงแล้วนำกลับไปปลูกในธรรมชาติโดยชุมชนประมงพื้นบ้าน จึงทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการฟื้นตัวของหญ้าคาทะเลด้วยการนำเหง้าหญ้าคาทะเลมาตัดแบ่งเป็นยอดพันธุ์และท่อนพันธุ์ โดยใช้ทั้งวิธี การลอยในน้ำทะเล และการปลูกลงดินที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยละลายช้าสูตร 13-13-13 สูตร 40-0-0 และ สูตร 15-15-15 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ มูลไก่อดเม็ด การปลูกแบบปลูกบัว มีการใช้สารเร่งการเจริญเติบโตของยอด (BA) และสารเร่งการเจริญเติบโตของราก (NAA) และให้อากาศในน้ำตลอดการทดลองเป็นเวลา 45 วัน เก็บข้อมูลจำนวนใบ ความยาวของใบ จำนวนและขนาดของราก ขนาดของต้น ผลการศึกษาพบว่า การนำเหง้าหญ้าคาทะเลมาปักบนดินและให้ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยละลายช้าทำให้เหง้าหญ้าคาทะเลเกิดใบใหม่ ส่วนใบเก่ามีการเติบโตดี (จำนวนใบ 3 ใบ ความยาวใบ 10.3-12.0 ซม. จำนวนราก 2 ราก ความยาวราก 4.2-5.8 ซม. และขนาดราก 0.2-0.3 ซม.) ขณะที่วิธีการนำเหง้าหญ้าคาทะเลมาลอยน้ำนั้นมิได้เกิดใบใหม่เกิดขึ้นแต่ใบเก่าเริ่มเปื่อยยุ่ย ดังนั้นการนำเหง้าที่หญ้าคาทะเลมาปลูกปลงดินพร้อมกับการให้ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยละลายช้าหรืออาจมีการเติม BA และ NAA ให้ผลการเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งเป็นแนวทางส่งเสริมวิธีการปักพื้นหญ้าทะเลให้กับชุมชนประมงพื้นบ้านโดยมีการบริหารจัดการการใช้พื้นที่ประกอบ

คำสำคัญ: หญ้าคาทะเล เหง้าหญ้าทะเล การฟื้นฟูหญ้าทะเล

คำนำ

แหล่งหญ้าทะเลนับว่าเป็นระบบนิเวศที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในด้านต่าง ๆ เช่น เป็นที่อาศัย แหล่งอาหาร สืบพันธุ์ ที่หลบซ่อน วางไข่ และแหล่งอนุบาลของสัตว์น้ำหลายชนิด รวมถึงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เช่น ปูหิน ปลาเกา ปลากระพง ปลากะบอก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการทำประมงปูม้า หอยชักตีน และปลิงทะเล เป็นต้น (Nitratsuwan *et al.*, 2010;

2014; 2015) นอกจากนี้แหล่งหญ้าทะเลยังช่วยป้องกันการกัดเซาะของชายฝั่ง รวมถึงช่วยลดคาร์บอนอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี (Luan *et al.*, 2023) โดยเฉพาะหญ้าคาทะเล (*Enhalus coroides*) ซึ่งเป็นหญ้าทะเลที่มีขนาดใหญ่ แต่ปัจจุบันแหล่งหญ้าทะเลในหลายพื้นที่เกิดความเสื่อมโทรม โดยเฉพาะบริเวณแนวชายฝั่งของจังหวัดตรัง เช่น อ่าวกะลาเส บ้านแหลมไทร ตำบลเขาไม้แก้ว อ่าวปากคลอง บ้านปากคลอง ตำบลบ่อหิน อำเภอสีเกา จังหวัดตรัง ที่พบปัญหาการหายไปของหญ้าคาทะเลในช่วงปลายปี พ.ศ. 2566 จนถึงปัจจุบัน (กันยายน 2567) การฟื้นฟูแหล่งหญ้าทะเลมีการดำเนินการอยู่หลายวิธี เช่น การนำเมล็ดหญ้าคาทะเลจากแหล่งหญ้าทะเลมาเพาะก่อนนำกลับไปปลูกในธรรมชาติ (Ambo-Rappe, 2022; Heembo *et al.*, 2023) การแยกต้นหญ้าคาทะเลในธรรมชาติแล้วนำไปขยายปลูกในพื้นที่ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าคาทะเล และการนำเหง้าของหญ้าคาทะเลในธรรมชาติที่ถูกทำลายมาปลูกกลับในธรรมชาติ (Li *et al.*, 2024) ในปี พ.ศ. 2564 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรเทพ วิรัชวงศ์ ได้สังเกตว่ามีเหง้าหญ้าคาทะเลจำนวนมากถูกพัดขึ้นมายังชายหาดปะปนอยู่กับขยะทะเล จึงมีแนวคิดในการเก็บเหง้าหญ้าคาทะเลแล้วนำกลับไปปลูกในธรรมชาติ โดยมีการปักพื้นเหง้าหญ้าคาทะเลก่อนนำไปปลูก แต่ยังคงขาดข้อมูลวิธีการปักพื้นเหง้าหญ้าคาทะเลที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้เหง้าหญ้าคาทะเลมีความแข็งแรงและสมบูรณ์พร้อมที่จะเติบโตได้ดีเมื่อนำไปปลูกกลับในพื้นที่ จึงทำการศึกษาเบื้องต้นถึงวิธีการปักพื้นเหง้าหญ้าคาทะเลในการศึกษาครั้งนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การรวบรวมเหง้าหญ้าคาทะเลที่ใช้ในการศึกษา ดำเนินการเก็บเหง้าหญ้าคาทะเลที่ถูกมรสุมพัดเข้ามายังชายทะเลปะปนอยู่กับขยะทะเล ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2567



Figure 1 Seagrass rhizomes mixed with marine debris, were washed by monsoon onto the beach, in June 2024 in Trang province

2. นำเหง้าหญ้าคาทะเลมาที่รวบรวมได้ นำมาทำการตัดแต่งเอาใบที่ไม่สด และส่วนของเหง้าที่แห้งหรือเน่าออก มีการใช้ทั้งเหง้า (Whole rhizome) และตัดแบ่งเป็นยอดพันธุ์ (Shoot) และท่อนพันธุ์ (Stalk) แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง คือ

1) การลอยในน้ำทะเล (ตัวเปรียบเทียบ)

2) การปลูกลงดิน (ดินทรายที่ได้จากทะเล) ทำการเหว้สตุปลูกลงในภาชนะหนา 5 เซนติเมตร นำท่อนพันธุ์วางลงบนดินโดยให้บริเวณส่วนของต้นพันธุ์ที่ติดกับส่วนยอดที่กำลังออกไปสัมผัสกับพื้นดิน แล้วทับด้วยดินหนา 1 เซนติเมตร เติมน้ำทะเลปริมาณ 3/4 ของภาชนะที่ใช้ปลูก

โดยมีการใช้ปุ๋ย คือ ปุ๋ยเคมี 3 ชนิด ได้แก่

- 1) ปุ๋ยละลายช้าสูตร 13-13-13 (Slow released fertilizer, SRF)
- 2) ปุ๋ยเคมีสูตร 40-0-0 (Chemical fertilizer, CF 40-0-0)
- 3) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (Chemical fertilizer, CF 15-15-15)
- 4) ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ มูลไก่อัดเม็ด (Organic fertilizer, OF)

การใส่ปุ๋ย ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่อัดเม็ด) ปุ๋ยเคมี 40-0-0 (ปุ๋ยยูเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของใบ) ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (ส่งเสริมการเจริญเติบโตทุกส่วนของลำต้น), และปุ๋ยละลายช้า 13-13-13 (สูตร 3 เดือนครั้ง ส่งเสริมการเจริญเติบโตทุกส่วนของลำต้น) ใส่โดยนำปุ๋ยแต่ละชนิด จำนวน 3 กรัม รองกันภาชนะ ทับด้วยวัสดุปลูกหนา 5 เซนติเมตร นำท่อนพันธุ์วางลงบนวัสดุปลูกโดยให้บริเวณส่วนของต้นพันธุ์ที่ติดกับส่วนยอดที่กำลังออกไปสัมผัสกับพื้นวัสดุปลูก แล้วทับด้วยวัสดุปลูกหนา 1 เซนติเมตร เติมน้ำทะเลปริมาณ 3/4 ของภาชนะที่ใช้ปลูก

5) การปลูกแบบบัว เป็นการทดลองเพื่อต้องการชะลอระยะเวลาในการละลายของปุ๋ยเมื่อโดนน้ำ โดยการนำปุ๋ยละลายช้า 13-13-13 (สูตร 3 เดือนครั้ง) จำนวน 3 กรัม ท่อด้วยกระดาษ A4 วางไว้ที่ก้นภาชนะ ทับด้วยวัสดุปลูกหนา 5 เซนติเมตร นำท่อนพันธุ์วางลงบนวัสดุปลูกโดยให้บริเวณส่วนของต้นพันธุ์ที่ติดกับส่วนยอดที่กำลังออกไปสัมผัสกับพื้นวัสดุปลูก แล้วทับด้วยวัสดุปลูกหนา 1 เซนติเมตร เติมน้ำทะเลปริมาณ 3/4 ของภาชนะที่ใช้ปลูก

มีการใช้สารเร่งการเจริญเติบโตของยอด (BA) เป็นสาร 6-benzylaminopurine อยู่ในกลุ่ม Cytokinin ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ ความเข้มข้น 1,000 ppm ใช้ 2 มล./ น้ำ 1 ลิตร เพื่อส่งเสริมการเกิดยอด และสารเร่งการเจริญเติบโตของราก (NAA) ความเข้มข้น 1,000 ppm 0.1 มล./ น้ำ 1 ลิตร เพื่อส่งเสริมการเกิดราก และให้อากาศในน้ำตลอดการทดลองเป็นเวลา 45 วัน

กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มที่นำเหง้าหญาคาทะเลมาแช่น้ำในทะเล แบ่งการศึกษาออกเป็น 1.1) เหง้าทั้งชิ้น (ไม่มีการเติมปุ๋ย) 1.2) เหง้าทั้งชิ้นปลูกแบบปลูกบัว+ปุ๋ยละลายช้า 1.3) เหง้าทั้งชิ้น+BA+ปุ๋ยละลายช้า 1.4) เหง้าทั้งชิ้น +NAA+ปุ๋ยละลายช้า 1.5) เหง้าทั้งชิ้น+BA+NAA+มูลไก่อัดเม็ด 1.6) ยอดพันธุ์ 1.7) ท่อนพันธุ์ 1 1.8) ท่อนพันธุ์ 2 1.9) ท่อนพันธุ์ปลูกแบบปลูกบัว+ปุ๋ยละลายช้า 1.10) ท่อนพันธุ์+BA+ปุ๋ยละลายช้า 1.11) ท่อนพันธุ์+NAA+ปุ๋ยละลายช้า และ 1.12) ท่อนพันธุ์+BA+NAA+มูลไก่อัดเม็ด

กลุ่มทดลองที่ 2 กลุ่มที่นำเหง้ามาปลูกลงดิน แบ่งการศึกษาออกเป็น 2.1) เหง้าทั้งชิ้น 2.2) เหง้าทั้งชิ้น+มูลไก่อัดเม็ด 2.3) เหง้าทั้งชิ้น+ปุ๋ยเคมี 40-0-0 2.4) เหง้าทั้งชิ้น+ปุ๋ยเคมี 15-15-15 2.5) เหง้าทั้งชิ้น+ปุ๋ยละลายช้า 2.6) เหง้าทั้งชิ้นปลูกแบบปลูกบัว+ปุ๋ยละลายช้า 2.7) เหง้าทั้งชิ้น+BA+ปุ๋ยละลายช้า 2.8) เหง้าทั้งชิ้น+NAA+ปุ๋ยละลายช้า 2.9) เหง้าทั้งชิ้น+BA+NAA+มูลไก่อัดเม็ด 2.10) ท่อนพันธุ์ ปลูกแบบปลูกบัว+ปุ๋ยละลายช้า 2.11) ท่อนพันธุ์+BA+ปุ๋ยละลายช้า 2.12) ท่อนพันธุ์+NAA+ปุ๋ยละลายช้า และ 2.13) ท่อนพันธุ์+BA+NAA+มูลไก่อัดเม็ด

3. ทำการเก็บข้อมูล การเจริญเติบโตของหน่uatingคาทะเลก่อนและหลังทำการศึกษาการปักพื้นเป็นระยะเวลา 45 วัน โดยข้อมูลประกอบด้วย จำนวนใบ (ใบ) ความยาวใบ (เซนติเมตร) จำนวนราก (ราก) ความยาวราก (มิลลิเมตร) หลังจากปักพื้นเป็นระยะเวลา 45 วัน ทำการบันทึกข้อมูล จำนวนตา จำนวนยอด ความยาวของเหง้า จำนวนใบ (ใบ) ความยาวใบ (เซนติเมตร) จำนวนราก (ราก) ความยาวราก (มิลลิเมตร) และขนาดของราก
4. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงพรรณนาด้วยจำนวน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จำนวนตา ยอด และความยาวของเหง้าหน่uatingคาทะเล แสดงไว้ใน Table 1 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ทั้งจำนวนตา ยอด และความยาวของเหง้าทั้ง 2 กลุ่ม คือ ลอยในน้ำและปลูกลงดิน และได้รับปุ๋ยและสารเร่งต่าง ๆ กัน อาจเนื่องจากระยะเวลาในการดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลาที่น้อยเกินไป คือ 45 วัน ไม่เพียงพอต่อการพัฒนาการของการเจริญเติบโตทางลำต้นทำให้ยังไม่เห็นผลที่เกิดขึ้นในส่วนดังกล่าว

Table 1 Number of buds, shoots and length of rhizomes, before and after the treatments

Treatments	No. of buds		No. of shoots		Rhizome length (cm)	
	before	after	before	after	before	after
1. Floating						
1.1 Whole rhizome (WR)	0	0	1	1	11.0	11.0
1.2 WR planted like lotus+SRF	0	0	1	1	09.4	09.4
1.3 WR+BA+SRF	0	0	1	1	04.5	04.5
1.4 WR+NAA+SRF	2	2	1	1	06.6	06.6
1.5 WR+BA+NAA+OF	0	0	1	1	08.0	08.0
1.6 Shoot	0	0	1	1	02.2	02.2
1.7 Stalk 1	4	4	0	0	06.0	06.0
1.8 Stalk 2	1	1	0	0	05.0	05.0
1.9 Stalk planted like lotus+SRF	4	4	0	0	07.0	07.0
1.10 Stalk+BA+SRF	2	2	0	0	05.1	05.1
1.11 Stalk+NAA+SRF	1	1	0	0	06.5	06.5
1.12 Stalk+BA+NAA+OF	0	0	0	0	07.0	07.0

Table 1 (Continued)

Treatments	No. of buds		No. of shoots		Rhizome length (cm)	
	before	after	before	after	before	after
2. Planting						
2.1 WR	0	0	1	1	14.0	14.0
2.2 WR+OF	0	0	1	1	11.0	11.0
2.3 WR+CF 40-0-0	0	0	1	1	12.6	12.6
2.4 WR+CF 15-15-15	0	0	1	1	14.0	14.0
2.5 WR+SRF	0	0	1	1	14.0	14.0
2.6 WR planted like lotus+SRF	0	0	1	1	08.0	08.0
2.7 WR+BA+SRF	0	0	1	1	08.7	08.7
2.8 WR+NAA+SRF	1	1	1	1	05.5	05.5
2.9 WR+BA+NAA+OF	0	0	1	1	06.0	06.0
2.10 Stalk planted like lotus+SRF	4	4	0	0	05.0	05.0
2.11 Stalk+BA+SRF	0	0	0	0	08.8	08.8
2.12 Stalk+NAA+SRF	0	0	0	0	02.6	02.6
2.13 Stalk+BA+NAA+OF	0	0	0	0	05.0	05.0

เมื่อพิจารณา Table 2 จำนวนและความยาวใบของเหง้าหูกาคาทะเล พบว่าหูกาคาทะเลในกลุ่มที่นำเหง้าไปลอยในน้ำทะเลและเติมปุ๋ยเคมีที่มีจำนวนใบเพิ่มขึ้น ได้แก่ เหง้าทั้งชิ้น เหง้าทั้งชิ้นปลูกแบบปลูกบัวใส่ปุ๋ยละลายช้า และยอดพันธุ์ ส่วนในกลุ่มที่ปลูกลงดินที่มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นได้แก่ เหง้าทั้งชิ้น เหง้าทั้งชิ้นใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เหง้าทั้งชิ้นใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้นที่ปลูกแบบปลูกบัวและใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้น แห่สารเร่งยอดและใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้นแห่สารเร่งรากและใส่ปุ๋ยละลายช้า และเหง้าทั้งชิ้นแห่สารเร่งยอดและเร่งรากและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ โดยเหง้าทั้งชิ้นลอยในน้ำปลูกแบบปลูกบัวใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้นปลูกลงดินใส่ปุ๋ยละลายช้า และเหง้าทั้งชิ้นปลูกลงดิน แห่สารเร่งยอดและเร่งรากและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ มีใบใหม่เพิ่ม 2 ใบ ในขณะที่กลุ่มอื่น ๆ จะมีใบเพิ่มแค่ 1 ใบ ส่วนกลุ่มที่ไม่มีใบใหม่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ท่อนพันธุ์ ทั้งที่ลอยในน้ำและปลูกลงดินทุก ๆ การทดลอง ซึ่งการใช้ท่อนพันธุ์ที่ไม่มีส่วนของยอดติดมาจะมีการพัฒนาช้า อาจเนื่องจากไม่มีเนื้อเยื่อเจริญบริเวณปลายยอดที่ทำให้เกิดใบใหม่ ซึ่งในระยะการทดลอง 45 วัน ยังคงไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

Table 2 Number and length of rhizome leaves, before and after the treatments

Treatments	No. of leaf		Leaf length (cm)						
	Before	After	Before		avg.	After			avg.
			1	2		1	2	3	
1. Floating									
Whole rhizome (WR)	2	3	4.7	6.1	5.4	3.6	5.1	2.3	3.7
WR planted like lotus+SRF	1	3	3.4	0	3.4	5.6	5.6	1.6	4.3
WR+BA+SRF	2	2	4.0	1.5	2.8	3.9	2.5	0	3.2
WR+NAA+SRF	1	2	4.2	0	4.2	7.9	5.4	0	6.7
WR+BA+NAA+OF	2	2	3.5	2.0	2.8	2.0	0.7	0	1.4
Shoot	2	3	4.0	6.4	5.1	5.0	2.9	1.1	3.0
Stalk 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stalk 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stalk planted like lotus+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stalk+BA+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stalk+NAA+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stalk+BA+NAA+OF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Planting									
WR	2	3	4.5	4.0	4.3	14.1	12.5	4.2	10.3
WR+OF	2	3	4.3	2.0	3.2	12.4	9.3	7.0	9.6
WR+CF 40-0-0	2	2	1.8	1.2	1.5	1.5	0.9	0	1.2
WR+CF 15-15-15	2	2	6.0	3.2	4.6	4.5	3.0	0	3.7
WR+SRF	1	3	3.0	0.0	3.0	5.0	3.3	0.9	3.1
WR planted like lotus+SRF	2	3	4.8	4.8	4.8	11.0	5.2	4.5	6.9
WR+BA+SRF	2	3	5.9	3.2	4.6	18.0	12.6	5.5	12.0
WR+NAA+SRF	2	3	1.5	1.5	1.5	5.0	3.5	1.2	3.2
WR+BA+NAA+OF	1	3	1.0	0	1.0	5.0	4.9	1.1	3.7
Stalk planted like lotus+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stalk+BA+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stalk+NAA+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stalk+BA+NAA+OF	0	0	0	0	0	0	0	0	0

สำหรับจำนวน ความยาวและขนาดของรากใหม่ ของเหง้าหูกาคาทะเล แสดงไว้ใน Table 3 พบว่ามีรากเพิ่มขึ้นในกลุ่มเหง้าที่ลอยน้ำ ได้แก่ เหง้าทั้งชิ้น เหง้าทั้งชิ้นปลูกแบบปลูกบัวใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้นแฉะสารเร่งยอดและใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้นแฉะสารเร่งรากและใส่ปุ๋ยละลายช้า โดยเหง้าทั้งชิ้นแฉะสารเร่งยอดและใส่ปุ๋ยละลายช้า มีรากใหม่ยาวกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ส่วนในกลุ่มที่ปลูกลงดิน พบรากใหม่เพิ่มขึ้นในทรีตเมนต์ เหง้าทั้งชิ้น เหง้าทั้งชิ้นและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เหง้าทั้งชิ้นใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้นปลูกแบบปลูกบัวและใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้นแฉะสารเร่งยอดและใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้นแฉะสารเร่งรากและใส่ปุ๋ยละลายช้า และเหง้าทั้งชิ้นแฉะสารเร่งยอดและเร่งรากและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ รากใหม่ที่ยาวที่สุดพบในเหง้าที่ปลูกเหมือนปลูกบัวและใส่ปุ๋ยละลายช้า เหง้าทั้งชิ้น และเหง้าทั้งชิ้นใส่ปุ๋ยอินทรีย์ โดยจะไม่พบรากใหม่ในเหง้าที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี และในท่อนพันธุ์ที่ปลูกลงดิน

Table 3 Number and length of rhizome roots, before and after the treatments.

Treatments	No. of roots		New root length (cm)			New root size (cm)		
	Before	After	1	2	avg.	1	2	avg.
1. Floating								
1.1 Whole rhizome (WR)	0	1.0	2.0	0	2.0	0.1	0	0.1
1.2 WR planted like lotus+SRF	0	2.0	5.0	0.2	2.6	0.2	0.1	0.2
1.3 WR+BA+SRF	0	1.0	4.2	0	4.2	0.2	0	0.2
1.4 WR+NAA+SRF	0	2.0	2.0	0.7	1.35	0.2	0.1	0.2
1.5 WR+BA+NAA+OF	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6 Shoot	0	0	0	0	0	0	0	0
1.7 Stalk 1	0	0	0	0	0	0	0	0
1.8 Stalk 2	0	0	0	0	0	0	0	0
1.9 Stalk planted like lotus+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0
1.10 Stalk+BA+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0
1.11 Stalk+NAA+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0
1.12 Stalk+BA+NAA+OF	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 3 (Continued)

Treatments	No. of roots		New root length (cm)			New root size (cm)		
	Before	After	1	2	avg.	1	2	avg.
2. Planting								
2.1 WR	0	2	7.9	0.5	4.2	0.2	0.1	0.2
2.2 WR+OF	0	2	7.9	5.0	6.5	0.2	0.1	0.2
2.3 WR+CF 40-0-0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.4 WR+CF 15-15-15	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5 WR+SRF	0	1	2.0	0	2.0	0.2	0	0.2
2.6 WR planted like lotus+SRF	0	2	9.0	0.4	4.7	0.4	0.2	0.3
2.7 WR+BA+SRF	0	1	5.8	0	5.8	0.2	0	0.2
2.8 WR+NAA+SRF	0	1	5.0	0	5.0	0.2	0.1	0.2
2.9 WR+BA+NAA+OF	0	1	5.2	0	5.2	0.23	0	0.2
2.10 Stalk planted like lotus+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0
2.11 Stalk+BA+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0
2.12 Stalk+NAA+SRF	0	0	0	0	0	0	0	0
2.13 Stalk+BA+NAA+OF	0	0	0	0	0	0	0	0

การปักพื้เหง้าหญาคาทะเลด้วยการนำมาลอยในน้ำทะเลและปลูกในดิน โดยมีการเติมปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้เหง้าหญาคาทะเลเกิดใบใหม่ได้ และหากใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยละลายช้าจะทำให้ใบเก่าและใบใหม่ทิ้งอกขึ้นมา มีความยาวมากขึ้น (Table 2) แต่หากไม่ใส่ปุ๋ยจะทำให้ใบเก่าที่มีอยู่เดิมจะเริ่มเสื่อมลง เช่นเดียวกับการเกิดรากใหม่ ความยาวราก และขนาดของราก (Table 3) สำหรับการตัดแบ่งเหง้าหญาคาทะเลให้เป็นยอดพันธุ์เพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ มาลอยน้ำเกิดใบใหม่ขึ้นแต่ไม่เกิดราก ส่วนการตัดแบ่งเหง้าหญาคาทะเลให้เป็นท่อนพันธุ์หญาคาทะเล ตาใบ และตาราก ไม่แตกออกมา

สรุปผลการวิจัย

1. เหง้าหญาคาทะเลพื้ตัวได้ดีที่สุด (การเกิดใบใหม่ ใบเก่าและใบใหม่ยาวมากขึ้น เกิดรากใหม่) ด้วยการนำเหง้ามาทั้งขึ้นปลูกลงดินร่วมกับการให้ปุ๋ยละลายช้า และ BA
2. การนำเหง้าหญาคาทะเลทั้งขึ้นมาปักพื้ทำให้พื้ตัวได้ดีกว่าการนำมาลอยน้ำ

3. การนำยอดพันธุ์มาปักพื้นสามารถนำมาดำเนินการได้ เพราะทำให้เกิดใบใหม่ วิธีนี้ทำให้เพิ่มพันธุ์หญ้าคาทะเลได้มากขึ้น
4. การใช้ท่อนพันธุ์ไม่เกิดใบและราก ดังนั้นการแบ่งเหง้าเป็นท่อนพันธุ์น่าจะไม่สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มพันธุ์หญ้าคาทะเลได้
5. การนำเหง้าหญ้าคาทะเลมาปักพื้นเพื่อส่งเสริมให้กับชุมชนประมง วิธีที่เหมาะสม คือ การนำเหง้าหญ้าคาทะเลมาแช่น้ำ เนื่องจากใช้พื้นที่ในการดำเนินการไม่มาก รวมถึงการดำเนินการไม่ยุ่งยากมากเพราะไม่ต้องนำดินมาจากทะเลมาใช้ในการดำเนินการ
6. ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมเรื่อง ปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสม และเพิ่มระยะเวลาในศึกษาที่มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องนวัตกรรมการเพิ่มแหล่งหญ้าทะเลโดยชุมชนประมงพื้นบ้านตามแนวคิดเศรษฐกิจสีน้ำเงิน โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปี พ.ศ. 2567

เอกสารอ้างอิง

- Ambo-Rappe, R. 2022. The success of seagrass restoration using *Enhalus acoroides* seeds is correlated with substrate and hydrodynamic conditions. **J. Environ. Manage** 310: 114692. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114692> (November 10, 2024).
- Heembo, M., C. Thammakhet-Buranachai, F. Makkliang and P. Buapet. 2023. *Enhalus acoroides* seedlings exhibit different high light responses under varying light qualities. **Plant Stress** 10: 100232. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100232> (November 10, 2024).
- Li, H., J. Liu, L. Zhang, X. Che, M. Zhang and T. Zhang. 2024. A pilot restoration of *Enhalus acoroides* by transplanting dislodged rhizome fragments and its effect on the microbial diversity of submarine sediments. **J. Environ. Manage** 359: 120996. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120996> (November 10, 2024)..
- Luan, W., H. Li, L. Zhang and J. Liu. 2023. *Enhalus acoroides* efficiently alleviate ocean acidification by shifting modes of inorganic carbon uptake and increasing photosynthesis when pH drops. **Mar. Environ. Res.** 186: 105896. [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.105896> (November 10, 2024).
- Nitiratsuwan, T., C. Nitithamyong, S. Chiayvareesajja and B. Somboonsuke. 2010. Distribution of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) in Trang Province. **The Songklanakarin J. Sci. Technol.** 32 (3): 207-212.

- Nitiratsuwan, T., K. Panwanitdumrong and C. Ngamphongsai. 2014. Guideline for blue swimming crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) stock enhancement project on seagrass bed, Sikao Bay, Sikao district, Trang province. **Khon Kaen Agr. J.** 42(4): 521-530. [in Thai]
- _____. 2015. Spatial distribution management for crenate swimming crab (*Thalamita crenata* Latreille, 1829). **Khon Kaen Agr. J.** 43(1): 5-14. [in Thai]
- Short, F., T.W. Carruthers and M. Waycott. 2007. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. **J. Exp. Mar. Bio. Ecol.** 350(1-2): 3-20.

การพัฒนากระบวนการผลิตถั่วเหลืองหมักอย่างง่ายในระดับกึ่งอุตสาหกรรม Development of a Simple Process for Fermented Soybean Production at the Semi-pilot Scale

นที จันทรดวง ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน* และปิยะนุช เนียมทรัพย์

Natee Jundaung, Pairote Wongputtisin* and Piyanuch Niamsup

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: pairotewong@gmail.com

Abstract

The *Rhizopus microsporus* fungus was used for fermented soybean production on a laboratory scale to be utilized as a protein supplement for monogastric animals. This study aimed to develop a simple process for fermented soybean production on a semi-industrial scale for further utilization. The results indicated that steaming under atmospheric pressure for 60 minutes effectively eliminated bacterial and fungal contaminants. Subsequently, a 0.4-0.5% lactic acid solution was applied to inhibit bacterial growth during fermentation. Additionally, it was found that the supplementation of probiotic bacteria, *Lactobacillus reuteri* and *Enterococcus faecium*, in the fermentation process could further reduce bacterial contamination. Drying the fermented soybeans in a hot air oven at 65°C did not adversely affect the viability of the probiotic strains while increasing the content of reducing sugars, protein, and free phosphate by 67, 9, and 83%, respectively. This process successfully produced up to 100 kg of fermented soybeans per batch.

Keywords: soybeans, fermentation, probiotics, lactic acid, semi-industrial scale

บทคัดย่อ

เชื้อรา *Rhizopus microsporus* สามารถใช้ผลิตถั่วเหลืองหมักในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับสัตว์กระเพาะเดี่ยวได้ ซึ่งเป็นที่มาของการศึกษารั้งนี้ที่มุ่งพัฒนากระบวนการหมักถั่วเหลืองอย่างง่ายในระดับกึ่งอุตสาหกรรมเพื่อการต่อยอดใช้ประโยชน์ต่อไป ผลการศึกษาพบว่า การนึ่งที่อุณหภูมิความดันบรรยากาศเป็นเวลา 60 นาที สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ปนเปื้อนได้โดยสมบูรณ์ โดยเติมสารละลายกรดแลกติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.4-0.5 เพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในระหว่างกระบวนการหมัก นอกจากนี้ ยังพบว่า

การเสริมแบคทีเรียโพรไบโอติก *Lactobacillus reuteri* และ *Enterococcus faecium* ร่วมในกระบวนการหมักสามารถลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ได้เช่นกัน การอบแห้งถั่วเหลืองหมักด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ไม่กระทบต่อการรอดชีวิตของโพรไบโอติก และยังช่วยเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โปรตีน และฟอสเฟตอิสระขึ้นร้อยละ 67, 9, และ 83 ตามลำดับ กระบวนการนี้สามารถผลิตถั่วเหลืองหมักได้สูงสุดถึง 100 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต

คำสำคัญ: ถั่วเหลือง กระบวนการหมัก โพรไบโอติก กรดแลคติก กิ่งอุตสาหกรรม

คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญและใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ โดยมีโปรตีนประมาณร้อยละ 40 และไขมันร้อยละ 17-20 (Phunphakdee, 2003) ถึงแม้ว่าเมล็ดถั่วเหลืองดิบจะมีโปรตีนสูง แต่มีสารต้านโภชนาหลายชนิด เช่น ทริปซินอินฮิบิเตอร์ (Trypsin inhibitor) เลคติน (Lectin) และกรดไฟติก (Phytic acid) ซึ่งขัดขวางการดูดซึมสารอาหารและลดคุณค่าทางโภชนาการ (Pedersen, 2013) การลดปริมาณสารต้านโภชนาเหล่านี้จึงเป็นสิ่งสำคัญในการทำให้ถั่วเหลืองสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนที่มีประสิทธิภาพสำหรับสัตว์ได้

จึงได้นำเทคโนโลยีการหมักมาใช้เป็นกระบวนการที่ใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอาหารที่ซับซ้อนและสารต้านโภชนาในถั่วเหลือง จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักมักจะเป็นจุลินทรีย์ที่ได้รับการรับรองว่าปลอดภัย (Generally Recognized As Safe, GRAS) จุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในกระบวนการหมักถั่วเหลือง ได้แก่ *R. microsporus* ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีบทบาทสำคัญในการหมักถั่วเหลือง โดยช่วยย่อยสลายโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตให้กลายเป็นสารอาหารที่ย่อยง่าย เช่น กรดอะมิโนและน้ำตาล ซึ่งเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ โดยเชื้อรานี้สามารถผลิตเอนไซม์โปรตีเอส (Protease) ที่ช่วยในการย่อยโปรตีนให้กลายเป็นกรดอะมิโนอิสระ (Free amino acids) ทำให้สารอาหารในถั่วเหลืองถูกดูดซึมได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณสารต้านโภชนา เช่น ทริปซินอินฮิบิเตอร์ (Trypsin inhibitor) และกรดไฟติก (Phytic acid) ซึ่งเป็นสารที่ขัดขวางการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร (Nout and Kiers, 2005) และ *L. reuteri* กับ *E. faecium* เป็นแบคทีเรียโพรไบโอติกซึ่งในกระบวนการหมักถั่วเหลืองมีบทบาทสำคัญในการเสริมประสิทธิภาพการหมัก โดย *L. reuteri* สามารถผลิตกรดแลคติก (Lactic acid) ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่พึงประสงค์ในระหว่างกระบวนการหมัก เช่น *Bacillus* sp. และ *Clostridium* sp. ซึ่งสามารถลดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ยังช่วยเสริมการย่อยโปรตีนและสารอาหารในถั่วเหลืองให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Kacharoen and Kacharoen, 2001) ในขณะที่ *E. faecium* ช่วยปรับปรุงสมดุลของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก และมีบทบาทในการผลิตสารต้านจุลินทรีย์ (Bacteriocins) ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ซึ่งเพิ่มความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์การใช้ทั้ง *R. microsporus* และแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. reuteri* และ *E. faecium* ในกระบวนการหมักถั่วเหลืองจึงสามารถลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ และเพิ่มการย่อยสารอาหารในถั่วเหลืองให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันการผลิตถั่วเหลืองหมักในระดับกิ่งอุตสาหกรรมได้มีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้เพื่อลดระยะเวลาในการหมักและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์และปริมาณการผลิต

ได้ดียิ่งขึ้น (Zhang *et al.*, 2020) แต่ยังคงมีความท้าทายหลายด้าน เช่น การควบคุมคุณภาพและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Kwon *et al.*, 2017) กระบวนการหมักต้องการการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และสภาวะแวดล้อมทางกายภาพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอและมีคุณภาพสูงในการผลิตถั่วเหลืองหมักที่ใช้ในการเสริมโปรตีนสำหรับสัตว์ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การพัฒนากระบวนการหมักถั่วเหลืองในระดับกึ่งอุตสาหกรรมโดยใช้เชื้อรา *R. microsporus* ร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. reuteri* และ *E. faecium* เพื่อปรับปรุงกระบวนการควบคุมคุณภาพและลดการปนเปื้อนในระหว่างการหมัก โดยมุ่งหวังที่จะปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ เช่น การเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารอาหารที่ง่ายขึ้น การควบคุมกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

จุลินทรีย์และการเตรียมหัวเชื้อ

เชื้อรา *R. microsporus* แบคทีเรีย *L. reuteri* และ *E. faecium* ได้รับมาจากสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ในสารละลายกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 20 (w/v) ซึ่งเชื้อราดังกล่าวคัดแยกได้มาจากถั่วหมักและแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งสองแยกได้จากทางเดินอาหารไก่

การพัฒนากระบวนการผลิตถั่วเหลืองหมักอย่างง่ายในระดับกึ่งอุตสาหกรรม

1) หน่วยเตรียมหัวเชื้อ

1.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตสปอร์ของ เชื้อรา *R. microsporus* โดยหัวเชื้อราเตรียมในรูปสารแขวนลอยของสปอร์ (spore suspension) โดยใช้น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 0.85 (w/v) เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร PDA ที่ระดับความหนาของวุ้นแตกต่างกัน โดยควบคุมให้พื้นที่ผิวเท่ากัน เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 วัน อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นเตรียมสารแขวนลอยของสปอร์แล้วนับจำนวนสปอร์ด้วย Hemacytometer เปรียบเทียบกัน เลือกปริมาณอาหารที่น้อยที่สุดแต่ยังคงประสิทธิภาพการผลิตสปอร์เพื่อใช้ผลิตหัวเชื้อราต่อไป

1.2 เตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. reuteri* และ *E. faecium* โดยเตรียมในรูปสารแขวนลอยของเซลล์ โดยเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแต่ละชนิดในอาหารเหลวสูตร MRS ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง แล้วปั่นเหวี่ยงเก็บมวลเซลล์ ล้าง 2 ครั้งด้วยน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 0.85 (w/v) เพื่อใช้ร่วมในกระบวนการหมักกับหัวเชื้อรา

2) หน่วยแช่เมล็ดถั่วเหลือง ทำการทดสอบทางอ้อมด้วยการคัดแยกแบคทีเรียสร้างสปอร์ที่ปนเปื้อนบนเมล็ดถั่วเหลืองมาทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยกรดแลคติกในระดับความเข้มข้น ตั้งแต่ร้อยละ 0.00-0.50 (v/v) โดยเพาะเลี้ยงแบคทีเรียปนเปื้อนในอาหารเหลวสูตร Nutrient Broth (NB) เติมกรดแลคติกในปริมาณที่กำหนดไว้ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อ เลือกระดับความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียปนเปื้อนได้ เพื่อใช้แช่เมล็ดถั่วเหลืองต่อไป

3) หน่วยฆ่าเชื้อเมล็ดถั่วเหลือง เปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโดยใช้น้ำที่ความดันบรรยากาศ โดยใช้เวลาแตกต่างกัน ทดสอบโดยนำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่ไว้ 1 คืนมาทำการนึ่งในหม้อนึ่งอาหารทั่วไป เป็นเวลานาน

60 นาที โดยมีการเก็บตัวอย่างแก้วเหลืองเป็นระยะแล้วนำมาวิเคราะห์จำนวนเชื้อจุลินทรีย์บนเป็อนทั้งในกลุ่มแบคทีเรียและเชื้อรา ด้วยวิธี Total plate count บนอาหารแข็งสูตร NA และ PDA ตามลำดับ

4) หน่วยหมัก ทำการหมักแบบถาด (Tray fermentation) ขนาดการผลิต 2 กิโลกรัม/ถาด ควบคุมอุณหภูมิที่ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเปรียบเทียบการหมักแบบเดิมและไม่เดิมแบคทีเรียโพรไบโอติก ร่วมกับ เมื่อสิ้นสุดการหมัก ประเมินประสิทธิภาพการหมักด้วยการสังเกตกลิ่น ลักษณะปรากฏ และคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ด้วยวิธี DNS method (Dinitrosalicylic acid method) ปริมาณฟอสเฟตอิสระ (Free available phosphate) ด้วยวิธี Heteropolyblue และสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ด้วยวิธี ABTS assay (Wongputtisint et al., 2012)

5) หน่วยทำแห้ง ถ้วยเหลืองหมักทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ทดสอบผลของอุณหภูมิจำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 55, 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส ที่มีต่อการรอดชีวิตของโพรไบโอติกและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต เถ้า โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใย พลังงาน (AOAC, 2012) ปริมาณฟอสเฟตอิสระ (Free available phosphate) ด้วยวิธี Heteropolyblue ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ (Soluble protein) ด้วยวิธี Bradford ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ด้วยวิธี Phenol sulfuric acid น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ด้วยวิธี DNS method (Dinitrosalicylic acid method) และสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ด้วยวิธี ABTS assay (Wongputtisint et al., 2012)

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตสปอร์เชื้อรา *R. microsporus* ในอาหาร PDA

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการผลิตสปอร์เชื้อรา *R. microsporus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีความหนาต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 2, 6, 8 และ 10 เซนติเมตร จากผลการทดลองพบว่า อาหารที่มีความหนา 10 เซนติเมตร สามารถผลิตสปอร์ได้มากที่สุดที่ 4.65×10^6 สปอร์ ในขณะที่ความหนา 2 เซนติเมตร ผลิตสปอร์ได้เพียง 2.00×10^6 สปอร์ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณสปอร์ต่อปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 มิลลิลิตร พบว่าความหนาที่ 2 เซนติเมตร สามารถผลิตสปอร์ได้มากที่สุด โดยผลิตสปอร์ได้ 2.00×10^4 สปอร์ต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตสปอร์เชื้อราได้มากในปริมาณอาหารที่น้อยกว่า

Table 1 Comparison of the spores product efficiency of *R. microsporus* in PDA medium at different thicknesses (volumes)

Thickness (cm)	Amount of medium (ml)	Total spore number (spores)	Spores from 1 ml of PDA (spores)
2	100	2.00×10^6	2.00×10^4
6	300	3.00×10^6	1.00×10^4
8	400	3.10×10^6	7.75×10^3
10	500	4.65×10^6	9.30×10^3

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการแช่เมล็ดถั่วเหลือง

ก่อนหน้านี้การหมักถั่วเหลืองมักมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียรูปร่างแท่ง กลุ่มที่สร้างสปอร์ ทำให้ถั่วเหลืองหมักที่มีลักษณะเกิดเมือกและกลิ่นฉุน จึงได้คัดแยกเชื้อปนเปื้อนจากตัวอย่างแล้วนำมาศึกษาหาปริมาณกรดแลกติก ที่เหมาะสมต่อการควบคุมการเจริญของเชื้อดังกล่าว ผลการทดลองพบว่า ไม่พบความชื้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ ในความเข้มข้นในปริมาณตั้งแต่ ร้อยละ 0.30 (v/v) เป็นต้นไป และมีผลการยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ ในปริมาณที่ร้อยละ 0.40 และ 0.50 (v/v) (Figure 1)



Figure 1 Growth of the selected and contaminated bacterial strains in the NB supplemented with varying amounts of lactic acid

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ

ในการทดลองนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำในกระบวนการเตรียมถั่วเหลืองก่อนการหมัก เพื่อให้ถั่วเหลืองสุกและกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน ทั้งแบคทีเรีย และเชื้อรา ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการนึ่งเป็นเวลา 10 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังคงมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียอยู่ในระดับที่นับได้ 2,850 CFU/กรัม และเชื้อราเล็กน้อย 100 CFU/กรัม อย่างไรก็ตาม การนึ่งที่ใช้เวลานานขึ้นพบว่าการฆ่าเชื้อราได้ทั้งหมดภายใน 20 นาที และการฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดใน 60 นาที ซึ่งไม่พบจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต

Table 2 Number of survivals contaminating microorganisms on soybeans after steam sterilization at the atmospheric pressure and at various duration.

Microorganism	Steaming time (min)						
	0	10	20	30	40	50	60
Bacteria (CFU/g)	Limit of detection	2,850	1,700	800	750	5	0
Fungus (CFU/g)	Limit of detection	100	0	0	0	0	0

ทดสอบประสิทธิภาพการหมักโดยเพิ่มหัวเชื้อผสมของโพรไบโอติก และการแช่เมล็ดถั่วเหลืองด้วยกรดแลคติก

แม้กระบวนการแช่เมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารละลายกรดแลคติกและการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำจะช่วยลดจำนวนเชื้อปนเปื้อนได้ แต่กระบวนการหมักครั้งนี้เป็นแบบ Semi-aseptic fermentation ซึ่งไม่ได้ควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในสภาพแวดล้อมห้องหมักโดยสมบูรณ์ ดังนั้นจึงศึกษาผลของการใช้หัวเชื้อโพรไบโอติก เช่น *L. reuteri* และ *E. faecium* ร่วมด้วยกับการหมักโดยเชื้อรา *R. microspores* ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้หัวเชื้อโพรไบโอติก ร่วมกับการแช่กรดแลคติกช่วยลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดปัญหาการเกิดกลิ่นฉุนและเมือกที่มักเกิดขึ้นเมื่อมีการปนเปื้อนของแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อรา *R. microsporus* สามารถเจริญได้ดีขึ้นทั่วทั้งชั้นถั่วหมัก ซึ่งส่งผลให้กระบวนการหมักมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเทียบกับการหมักโดยใช้เชื้อราเพียงอย่างเดียว

การทดสอบคุณภาพทางเคมี แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญหลังจากที่ถั่วเหลืองผ่านกระบวนการหมัก ใน Table 3 พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในถั่วเหลืองหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับถั่วเหลืองก่อนหมักเดิมมีประมาณ 6.1 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่หลังจากการหมักแล้ว พบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเป็น 19.7 มิลลิกรัมต่อกรัม (ขอบชั้นถั่วเหลืองหมัก) และ 18.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (กลางชั้นของถั่วเหลืองหมัก) ส่งผลให้ค่า Degree of Polymerization (DP) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ขนาดโมเลกุลของโพลีแซคคาไรด์ลดลงจาก 24.8 ในถั่วเหลืองก่อนหมัก เหลือเพียง 2.1 (ขอบชั้นถั่วเหลืองหมัก) และ 2.6 (กลางชั้นของถั่วเหลืองหมัก) และปริมาณฟอสเฟตอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมากหลังจากการหมัก โดยฟอสเฟตอิสระในถั่วเหลืองก่อนการหมักมีประมาณ 8.7 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่หลังการหมักพบว่ามีปริมาณฟอสเฟตอิสระเพิ่มขึ้นเป็น 54.9 มิลลิกรัมต่อกรัม (ขอบชั้นถั่วเหลืองหมัก) และ 52.6 มิลลิกรัมต่อกรัม (กลางชั้นของถั่วเหลืองหมัก) ในส่วนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในถั่วเหลืองหมักเพิ่มขึ้นหลังจากกระบวนการหมัก โดยก่อนหมักมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 22.78 แต่หลังจากการหมักแล้วมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 39.2 (ขอบชั้นถั่วเหลืองหมัก) และร้อยละ 44.5 (กลางชั้นของถั่วเหลืองหมัก)



Fungus

Fungus+Probiotics

Figure 2 The characteristics of fermented soybean obtained after co-inoculated with or without probiotic starter

Table 3 Certain chemical properties of fermented soybeans (FSB) compared to unfermented soybeans

Samples	Reducing sugar (mg/g)	Degree of polymerization (DP)	Free Phosphate (mg/g)	ABTS scavenging activity (%)
Soybeans	6.10	24.80	8.70	22.78
FSB layer margin	19.70	2.10	54.90	39.20
Middle layer of FSB	18.40	2.60	52.60	44.50

ผลการทดสอบการหมัก

จากการทดสอบผลของการอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกันต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียและโพรไบโอติกในถั่วเหลืองหมัก ตัวอย่างถั่วเหลืองถูกทดสอบที่อุณหภูมิ 55, 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส เพื่อดูผลกระทบต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total plate count) แบคทีเรียกรดแลคติก (LAB: Lactic Acid Bacteria) และ *Enterococcus* sp. ซึ่งผลการทดลองแสดงใน Table 4 พบว่าการอบที่อุณหภูมิสูง 85 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณแบคทีเรียรวมได้มากที่สุด แต่ก็ส่งผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียกรดแลคติก และ *Enterococcus* sp. ในทางกลับกัน การอบที่อุณหภูมิปานกลาง 65 องศาเซลเซียส สามารถรักษาปริมาณการรอดชีวิตของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ได้ดีกว่า แต่ยังพบปริมาณการรอดชีวิตของแบคทีเรียทั้งหมดยังคงสูงอยู่ที่ 231×10^6 CFU/กรัม (น้ำหนักแห้ง) แต่ต้องใช้เวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นถึง 10-12 ชั่วโมง

หลังจากการทำแห้งในอุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการอบสูงขึ้น โดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด 699.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และลดลงเล็กน้อยที่ 85 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำตาลรีดิวซ์ก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดที่ 311.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ในทางกลับกันปริมาณโปรตีนที่ละลายได้มีการเพิ่มขึ้นและสูงสุด 89.7 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แต่ลดลงเมื่ออุณหภูมิการอบสูงขึ้นถึง 85 องศาเซลเซียส ในส่วนของปริมาณฟอสเฟตอิสระเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการอบ โดยสูงสุด 96.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ABTS scavenging activity) ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยสูงสุด ร้อยละ 26.17 ที่ 75 องศาเซลเซียส ก่อนจะลดลงเป็นร้อยละ 21.69 เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 85 องศาเซลเซียส ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการอบที่อุณหภูมิสูงสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองหมัก โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลและสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ แต่ความร้อนที่สูงเกินไปก็อาจทำลายโปรตีนและสารสำคัญอื่น ๆ ได้

Table 4 The bacterial counts in fermented soybean samples which dried at different temperatures compared to the control, using the drop plate technique on NA, MRS agar, and *Enterococcus* selective agar

Samples	Bacterial quantity ($\times 10^6$ CFU/g dry weight)			Drying time (hr)
	Total LAB	<i>Enterococcus</i> sp.	Total plate count	
Before drying	857	700	725	
After drying at 85°C	8.85	6.25	2.24	5
After drying at 75°C	37.40	35.54	366	6
After drying at 65°C	573	515	231	12
After drying at 55°C	7.82	118	15.80	12

Table 5 The chemical quality tests of the fermented soybeans after drying at different temperatures.

Drying at temperature	Total sugars (mg/g dry wt.)	Reducing sugar (mg/g dry wt.)	Degree of polymerization (DP)	Protein content (mg/g dry wt.)	Free Phosphate (mg/g dry wt.)	ABTS scavenging activity (%)
Not drying	439.0 $\pm$ 88.6 ^c	132.5 $\pm$ 2.5 ^c	3.3 $\pm$ 0.6 ^a	056.6 $\pm$ 6.1 ^c	72.5 $\pm$ 0.9 ^c	19.00 $\pm$ 0.14 ^b
55 °C	622.0 $\pm$ 2.4 ^{ab}	293.5 $\pm$ 2.6 ^{ab}	2.1 $\pm$ 0.0 ^a	068.2 $\pm$ 2.5 ^b	68.5 $\pm$ 1.1 ^d	15.80 $\pm$ 1.50 ^a
65 °C	547.9 $\pm$ 5.41 ^{bc}	276.5 $\pm$ 7.6 ^b	2.0 $\pm$ 0.1 ^a	089.7 $\pm$ 3.6 ^a	93.8 $\pm$ 0.2 ^b	21.60 $\pm$ 1.78 ^c
75 °C	699.9 $\pm$ 19.5 ^a	287.2 $\pm$ 13.2 ^b	2.4 $\pm$ 0.0 ^a	070.5 $\pm$ 0.4 ^b	96.9 $\pm$ 0.6 ^a	26.17 $\pm$ 1.65 ^d
85 °C	698.9 $\pm$ 17.9 ^a	311.8 $\pm$ 4.7 ^a	2.2 $\pm$ 0.1 ^a	67.16 $\pm$ 3.8 ^b	74.5 $\pm$ 2.6 ^c	21.69 $\pm$ 0.14 ^c

a,b,c,d Different superscript letters within a column indicate significant differences at $p < 0.05$.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพการผลิตสปอร์ของเชื้อรา *R. microsporus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีความหนาต่างกัน แสดงให้เห็นว่าความหนาของอาหารเลี้ยงเชื้อมีผลต่อปริมาณสปอร์ที่ผลิตได้อย่างชัดเจน โดยความหนาที่เพิ่มขึ้นช่วยให้เชื้อราสามารถผลิตสปอร์ได้มากขึ้น ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสปอร์ต่อปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าความหนา 2 เซนติเมตร ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในแง่ของการใช้ทรัพยากรที่น้อยลงแต่ยังได้ปริมาณสปอร์ที่สูง แม้ว่าความหนา 10 เซนติเมตร จะผลิตสปอร์ได้มากที่สุดแต่ก็เป็นการใช้ปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อที่มากขึ้น ซึ่งอาจไม่เหมาะสมในส่วนของ การประหยัดต้นทุนสำหรับการผลิตในระดับกึ่งอุตสาหกรรม การทดลองนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการหาปริมาณ

อาหารที่เหมาะสมและประสิทธิภาพในการผลิตสปอร์ ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการควบคุมปัจจัยอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิและความชื้น ที่อาจช่วยเพิ่มปริมาณสปอร์ได้โดยไม่ต้องเพิ่มปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อ

จากการได้ทดสอบการหมักถั่วเหลืองมักจะพบปัญหาในเรื่องของการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทราบแหล่งที่มา ทำให้ต้องมีกระบวนการทดสอบต่าง ๆ เพื่อลดการปนเปื้อนในกระบวนการหมักถั่วเหลือง ซึ่งการแช่ถั่วเหลืองด้วยกรดแลกติก แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของความเข้มข้นของกรดแลกติกต่อการควบคุมการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อราที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งกรดแลกติกทำให้สภาพแวดล้อมของถั่วเหลืองมีความเป็นกรดมากขึ้น ส่งผลให้จุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนต่อสภาวะกรดเจริญได้ช้าลง หรือถูกยับยั้งการเจริญอย่างสมบูรณ์ (Liu *et al.*, 2019) อย่างไรก็ตาม การใช้กรดแลกติกในความเข้มข้นสูง เช่น ร้อยละ 0.50 (v/v) อาจมีผลกระทบต่อเชื้อราที่ต้องการสำหรับการหมัก โดยพบว่า การเจริญของเชื้อรา *Rhizopus* sp. อาจถูกชะลอหรือลดลง เนื่องจากสภาวะกรดที่เข้มข้นเกินไป (Nout and Kiers, 2005)

นอกจากนี้ เพื่อที่จะทำการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ให้ได้มากที่สุด ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ แสดงให้เห็นว่าการนึ่งเป็นเวลานานขึ้นช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนึ่งที่ 60 นาที สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม การนึ่งที่เวลาน้อยกว่าอาจจะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ แต่ยังคงมีการปนเปื้อนอยู่ในระดับที่สามารถตรวจพบได้ (Zhou *et al.*, 2016) การใช้เวลานึ่งนานอาจมีข้อจำกัดในด้านต้นทุนและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยเฉพาะในระดับการผลิตกิ่งอุตสาหกรรมซึ่งต้องการลดเวลาในการผลิตและลดการใช้พลังงาน การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการนึ่งและประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้ การศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มความดันหรือการใช้เทคโนโลยีอื่น ๆ เช่น การใช้รังสี UV หรือการฆ่าเชื้อด้วยความดันสูง (autoclaving) อาจช่วยลดระยะเวลาการนึ่งได้โดยไม่ต้องลดประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ (Liu *et al.*, 2019)

จากการทดสอบประสิทธิภาพการหมักโดยการเพิ่มหัวเชื้อผสมของโพรไบโอติกและการแช่เมล็ดถั่วเหลืองด้วยกรดแลกติก แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ดีในการควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ โดยเฉพาะแบคทีเรีย *Bacillus* sp. ที่ก่อให้เกิดกลิ่นและเมือกในถั่วเหลืองหมัก ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการและเพิ่มการเจริญของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ได้ดีขึ้น (Liu *et al.*, 2019)

การเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของถั่วเหลืองหมักกับถั่วเหลืองก่อนการหมัก แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารสำคัญบางประการหลังจากกระบวนการหมัก พบว่าหลังจากการหมักปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และโปรตีนที่ละลายได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนถึงการทำงานของเอนไซม์ที่เกิดขึ้นจากการหมัก ช่วยย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในถั่วเหลืองให้เป็นโมเลกุลที่เล็กลง ส่งผลให้สามารถดูดซึมสารอาหารเหล่านี้ได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของฟอสเฟตอิสระก็แสดงให้เห็นถึงการย่อยสลายสารต้านโภชนะในกลุ่มของกรดไฟติกและสารประกอบฟอสฟอรัส ทำให้สามารถดูดซึมได้ดีขึ้นและใช้เป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการเผาผลาญได้ดีขึ้น (Messina, 2016)

จากนั้นทำการทดสอบอุณหภูมิในการอบแห้งของถั่วเหลืองหมัก นอกจากการช่วยลดความชื้นและเพิ่มความสามารถในการเก็บรักษาของถั่วเหลืองหมัก ยังแสดงให้เห็นว่าการอบที่อุณหภูมิสูงขึ้นไป 85 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณแบคทีเรียทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การอบที่อุณหภูมิต่ำกว่า 65 องศาเซลเซียส ทำให้อัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียกรดแลกติกสูงที่สุด ซึ่งเป็นประโยชน์ในการรักษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจุลินทรีย์

ที่มีประโยชน์ อย่างไรก็ตาม การอบที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้คุณสมบัติทางโภชนาการบางอย่างสูญเสียไป เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ และฟอสเฟตอิสระที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (Zhou *et al.*, 2016)

ในการทดสอบทางเคมีพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอาจเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายโพลีแซคคาไรด์ในกระบวนการหมักหรือความร้อนจากการอบแห้งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยน้ำตาลโมเลกุลเล็กมากขึ้น ซึ่งน้ำตาลที่สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองหมักมากขึ้น (Kwon *et al.*, 2017) ส่วนการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ชี้ให้เห็นว่าการอบแห้งทำให้โมเลกุลคาร์โบไฮเดรตที่ซับซ้อนถูกย่อยสลายไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมากขึ้น (Liu *et al.*, 2019) ในทางตรงกันข้าม การลดลงของค่า DP แสดงให้เห็นว่าโพลีแซคคาไรด์ถูกย่อยสลายให้เป็นโมเลกุลที่เล็กลงเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง ซึ่งง่ายต่อการดูดซึมยังช่วยเพิ่มความหวานและรสชาติของถั่วเหลืองหมัก เนื่องจากโมเลกุลที่เล็กลงสามารถถูกย่อยได้ง่ายขึ้นในระบบทางเดินอาหาร (Messina, 2016) การเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนที่ละลายได้บ่งชี้ว่าการอบแห้งช่วยทำให้โปรตีนที่ยากต่อการละลายกลายเป็นโปรตีนที่สามารถดูดซึมได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่สูงเกินไป เช่น 85 องศาเซลเซียส อาจทำให้โปรตีนบางส่วนสูญเสียความสามารถในการละลายหรือถูกทำลาย ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ลดลง (Zhou *et al.*, 2016) ในขณะที่ปริมาณฟอสเฟตอิสระเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเผาผลาญพลังงาน การเพิ่มขึ้นของฟอสเฟตอิสระแสดงถึงการย่อยสลายสารต้านโภชนาในกลูเทอโนของกรดไฟติก และสารประกอบฟอสฟอรัสที่ซับซ้อนในถั่วเหลืองหมัก ทำให้ฟอสเฟตอิสระที่ละลายได้พร้อมใช้งานในกระบวนการเผาผลาญ (Kwon *et al.*, 2017) และการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอาจเป็นผลจากการเกิดสารต้านอนุมูลอิสระในระหว่างกระบวนการหมัก ทำให้เกิดสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในถั่วเหลืองหมักส่งผลดีต่อสุขภาพ เนื่องจากสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคหัวใจและมะเร็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุมูลอิสระเป็นตัวการที่ทำให้เซลล์ (Messina, 2016)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบการพัฒนากระบวนการผลิตถั่วเหลืองหมักอย่างง่ายในระดับกึ่งอุตสาหกรรม สามารถสรุปได้ว่าการเตรียมหัวเชื้อรา *R. microsporus* โดยการเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ความหนา 2 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ในส่วนของการลดต้นทุนของกระบวนการหมัก ถั่วเหลืองที่ถูกแช่ในสารละลายกรดแลกติกเข้มข้นร้อยละ 0.50 (v/v) นึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำเป็นเวลา 60 นาที และใช้หัวเชื้อรา *R. microspores* ร่วมกับหัวเชื้อโพรไบโอติก *L. reuteri* และ *E. faecium* จะช่วยยับยั้งแบคทีเรียที่ไม่พึงประสงค์ ลดกลิ่นและเมือก และส่งเสริมการเจริญของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ได้ดี หลังการหมักถั่วเหลืองจะถูกทำอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส สามารถรักษาปริมาณโปรตีนที่ละลายได้และแบคทีเรียโพรไบโอติก มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ฟอสเฟตอิสระ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พร้อมทั้งลดแบคทีเรียปนเปื้อน ดังนั้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น และแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตจะช่วยส่งเสริมสุขภาพทางเดินอาหาร ซึ่งเหมาะสมต่อการผลิตในระดับกึ่งอุตสาหกรรม ช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ขณะเดียวกันยังลดต้นทุนในการผลิต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท อุตสาหกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดชัยภูมิ สนับสนุนวัตถุดิบ ถั่วเหลืองอินทรีย์ และแหล่งทุนสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมให้บุคลากรวิจัยในสถาบันอุดมศึกษาไปปฏิบัติงานเพื่อ แก้ไขปัญหาและเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตให้กับภาคอุตสาหกรรม (Talent Mobility)

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2012. **Official methods of analysis of AOAC international**. 19th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists. 3,000 p.
- Kacharoen, Y. and S. Kacharoen. 2001. Effects of supplementing Bio-Pro 480 (soybean meal fermented with *Lactobacillus*) in post-weaning piglet diets. **Economic Animals** 19(423): 30-34. [in Thai]
- Kiers, J.L., R.M.J. Nout and F.M. Rombouts. 2000. *In Vitro* digestibility of processed and fermented soya bean, cowpea and maize. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 80(9): 1325-1331.
- Kwon, G., B. Shon and H. Lee. 2017. Technological advancements in soybean fermentation: methods and industrial perspectives. **Journal of Food Engineering** 102(5): 110-115.
- Liu, B., Y. Bai and Z. Chen. 2019. Industrial fermentation of soybean products: trends and challenges. **Fermentation Science** 23(4): 45-50.
- Messina, M. 2016. Soy and health update: evaluation of the clinical and epidemiologic literature. **Nutrients** 8(12): 754.
- Nout, M.R. and J.L. Kiers. 2005. Tempe fermentation, innovation and functionality: update into the third millenium. **Journal of Applied Microbiology** 98(4): 789-805.
- Pedersen, C. 2013. Reduction of anti-nutritional factors in (pre) starter feed. **All About Feed** 21(2): 25-27.
- Phunphakdee, A. 2003. **Soybeans: Thailand's Golden Plant**. Bangkok: Kasetsart University Publishing. 264. [in Thai]
- Wongputtisin, P., C. Khanongnuch, W. Khongbantad, P. Niamsup and S. Lumyong. 2012. Screening and selection of *Bacillus* spp. for fermented corticate soybean meal production. **Journal of Applied Microbiology** 113: 798-806.
- Zhang, Y., S. Chen and H. Wang. 2020. Soybean fermentation process and product quality control in semi-industrial production. **Food Quality and Safety** 14(2): 62-70.

Zhou, J., L. Liu and Z. Tan. 2016. Traditional soybean fermentation methods: an overview of their significance and current trends. **Food Science and Nutrition** 54(7): 985-992.

แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้อมูลนิทรรศการหลวงสู่เชิงพาณิชย์ Guidelines for Developing Hemp Products from the Royal Project Foundation Towards Commercialization

วชิระ เกตุเพชร¹ นิตยา มหาไชยวงศ์¹ วารุณี สุริยะ¹ ศติเทพ ชัยชม¹ สุนิสา แถวถาทำ¹ วรณ ดอนชัย¹
วาสนา เพ็ชย์¹ สาริศา เมฆมงคล¹ นพวรรณ ต่อเรืองวัฒนา¹ สุพรรณิ เมืองมา¹ รัชฎาภรณ์ ลั่นฤๅษี¹
สริตา ปินมณี² และรัตญา ยานะพันธ์²

Wachira Ketpet¹, Nittaya Mahachaiwong¹, Varunee Suriya¹, Sasitthep Chaichom¹
Sunisa Thaewthatam¹, Worn Donchai¹, Wasana Petai¹, Sarisa Mekmongkol¹
Noppawan Torruangwattana¹, Suphanni Muangma¹, Ratchadaporn Linruesee¹

Sarita Pinmanee² and Rattaya Yanaphan²

¹มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ 50100

²สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง เชียงใหม่ 50200

¹Royal Project Foundation, Chiang Mai, Thailand, 50100

²Highland Research and Department Institute (Public Organization), Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: wachiraketpet@hotmail.co.th

Abstract

This research aimed to study the development guidelines of the Royal Project Foundation's hemp products for commercialization by analyzing trends and consumer needs to further develop hemp products for distribution in accordance with customer needs. The study surveyed the behavior of 200 consumers at the Royal Project 53 event at Central World shopping mall during August 4–14, 2022. The survey results found that most respondents were female, aged 56 years and over, freelancers/housewives, and had an income of 50,000 Baht or more. They were aware of the properties of hemp fibers and had used these products before, with a purchase frequency of once every three months, with the most common distribution channel being stores. The most effective promotion was a discount. As for the channel for receiving product news, it was the Royal Project Dee Aroi Facebook page. Further analysis of customer feedback revealed that most customers buy products directly from the Royal Project stores because they can try them on. Subsequently, products were developed to bring the research-based products to market and test them for distribution in two groups: 1) A product group from the contest and fashion show, which included 10 sets. From these, three sets were selected for further development for distribution: The Charming of Karen, Lue Ngam, and The Charm of the Mountains and 2) A research group of prototype fabrics from the Royal Project

Foundation. Three items were selected for further distribution: women's coats using fabric with herringbone and checkered patterns. For casual lace-up and slip-on shoes, Hmong loom-woven fabric from the Mae Sa Mai Royal Project Development Center was used.

Keywords: development, products, hemp, commercialization

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงมูลนิธินิโครงการหลวงสู่เชิงพาณิชย์ โดยการศึกษาแนวโน้มและวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงต่อยอดสู่การจำหน่ายให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า โดยการสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภค จำนวน 200 คน ในงานโครงการหลวง 53 ณ ศูนย์การค้าเซ็นทรัลเวิลด์ ระหว่างวันที่ 4-14 ส.ค. พ.ศ. 2565 ผลการสอบถามพบว่าลูกค้าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 56 ปีขึ้นไป อาชีพอิสระ/แม่บ้าน รายได้ 50,000 บาทขึ้นไป ทราบถึงคุณสมบัติของเส้นใยกัญชง และเคยใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ โดยมีความถี่ในการซื้อ 3 เดือน/ครั้ง ผ่านช่องทางร้านค้าโครงการหลวงโดยมีความถี่มากที่สุด และโปรโมชั่นที่สนใจ คือ การลดราคา สำหรับช่องทางการรับรู้ข่าวสารสินค้า คือ Facebook โครงการหลวงดีร้อย การวิเคราะห์ความคิดเห็นของลูกค้าเพิ่มเติม พบว่าส่วนใหญ่ลูกค้าซื้อสินค้าโดยตรงจากร้านโครงการหลวง เนื่องจากสามารถทดลองสวมใส่ได้ ด้านการพัฒนาสินค้าเพื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาเป็นสินค้าและทดลองจำหน่ายออกสู่ตลาด 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มสินค้าจากการประกวดและเดินแบบ 10 ชุด พบว่าสามารถคัดเลือกสำหรับต่อยอดสู่การจำหน่ายได้จำนวน 3 ชุด ได้แก่ The Charming of Karen, ลี้อางาม และเสน่ห์แห่งขุนเขา และ 2) กลุ่มผลงานวิจัยผ้าต้นแบบจากงานวิจัยมูลนิธินิโครงการหลวง สามารถคัดเลือกสำหรับต่อยอดสู่การจำหน่ายได้ 3 อย่าง คือ เสื้อคลุมสตรี โดยใช้ผ้าลายก้างปลา และลายหมากรุก ส่วนรองเท้านำลองแบบผูกเชือก และ Slip-on ใช้ผ้ามัดมัดทอที่มีของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

คำสำคัญ: การพัฒนา ผลิตภัณฑ์ กัญชง สู่เชิงพาณิชย์

คำนำ

กัญชง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cannabis sativa* L. เป็นพืชล้มลุกที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียกลาง และแพร่กระจายไปยังเอเชียตะวันออก เอเชียใต้ และยุโรป พืชชนิดนี้มีคุณค่าหลากหลายทั้งในด้านเส้นใย สมุนไพร และอาหาร โดยทุกส่วนของกัญชงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ตั้งแต่เปลือก ใบ เมล็ด ไปจนถึงช่อดอก เปลือกลำต้นมีเปลือกหนาสามารถลอกออกเป็นเส้นได้ มีเส้นใยเหนียวและแข็งแรง เหมาะสำหรับทำเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม เชือก เยื่อกระดาษ ผนวกันความร้อน และไบโอพลาสติกได้ เมล็ดจัดเป็น Superfood ที่สำคัญชนิดหนึ่ง เพราะอุดมด้วยพลังงาน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน โยอาหาร กรดไขมันโอเมก้า 6 และโอเมก้า 3 ในสัดส่วน 3:1 ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย ได้แก่ โปรตีนอัดเม็ด ซีเรียลบาร์ และนมเชมพ์ และน้ำมันสกัดเย็นสำหรับ

อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอาง ส่วนกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันแล้วสามารถนำมาสกัดโปรตีนและใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้ ใบสามารถนำมาสกัดสารสำคัญเพื่อเป็นส่วนประกอบอาหารและเครื่องดื่ม อาหารสัตว์ ปุ๋ยชีวภาพ แก่นลำต้นมีน้ำหนักเบา ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น อิฐ อิฐมวลเบา คอนกรีตเสริมแรง คอนกรีตสำหรับสิ่งก่อสร้าง ใช้รองคอกสัตว์ผลิตเป็น หลังกา และพาดิเคิลบอร์ด แผ่นไม้อัด และเฟอร์นิเจอร์ ช่อดอกกัญชงอุดมด้วยสารพฤกษเคมีออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกลุ่มแคนนาบินอยด์ (Cannabinoids) และน้ำมันหอมระเหยที่มีประโยชน์ทางการแพทย์ เช่น Canabidol (CBD) Cannabidiol (CBN) และ Cannabigerol (CBG) เป็นต้น นอกจากนี้กัญชงยังมีศักยภาพในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม โดยสามารถปลูกเพื่อบำบัดมลพิษทางดินและดูดซับโลหะหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพ กัญชงจึงเป็นพืชที่ไม่เพียงแต่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ แต่ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีบทบาทในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอและแฟชั่น อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเครื่องสำอางและสุขภาพ อุตสาหกรรมการแพทย์ เป็นต้น (Office of Industrial Economics Ministry of Industry, 2020; Nanakhon, 2021; Ketpet, 2022; Ketpet *et al.*, 2023)

สำหรับสถานการณ์ตลาดกัญชาและกัญชงในประเทศไทย พบว่าตั้งแต่ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2565 ที่ผ่านมามีประเทศไทยได้มีการปลดล็อกกัญชาและกัญชงออกจากบัญชียาเสพติดประเภทที่ 5 ทำให้ตลาดอุตสาหกรรมกัญชาในประเทศไทยมีทิศทางการเติบโตเพิ่มมากขึ้น ซึ่งได้มีการประเมินมูลค่าตลาดของอุตสาหกรรมกัญชา-กัญชง โดยการประมาณการณพื้นที่การเพาะปลูกในประเทศไทย ล่าสุดในเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2565 ที่ผ่านมามีพื้นที่เพาะปลูกกัญชาและกัญชงกว่า 7,500 ไร่ มีมูลค่าตลาดของอุตสาหกรรม รวมกว่า 28,055 ล้านบาท โดยในส่วนของเส้นใยกัญชงจะมีมูลค่า 896 ล้านบาท และคาดการณ์ว่ามูลค่าตลาดในช่วง 3 ปีข้างหน้า สามารถเติบโตได้ถึงร้อยละ 10-15 โดยมีมูลค่าสูงถึง 42,800 ล้านบาท และสร้างรายได้ให้เกษตรกรสูงถึง 0.8-1.2 ล้านบาทต่อไร่ต่อปี โดยมีการคาดการณ์ภาพรวมอุตสาหกรรมกัญชา-กัญชงในประเทศไทยจะมีการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยคาดว่าในปี พ.ศ. 2568 จะมีมูลค่าการตลาดเพิ่มสูงขึ้นถึง 42,851 ล้านบาท (Office of Industrial Economics Ministry of Industry, 2020) และรัฐบาลยังสนับสนุนให้พัฒนากัญชง เป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ในอนาคต (Food Institute, Textile Institute and Small and Medium Enterprise Development Institute, 2022) อย่างไรก็ตามการผลักดันให้กัญชงพัฒนาไปสู่พืชเศรษฐกิจใหม่ตามนโยบายรัฐบาลได้นั้น จำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนากัญชงให้ครบวงจรตลอดห่วงโซ่มูลค่าทั้งระบบ

มูลนิธิโครงการหลวงได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนากัญชง เพื่อให้เป็นไปตามนโยบายที่สืบสาน รักษา และต่อยอดตามพระราชดำริของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง เพื่อพัฒนากัญชงสู่พืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ที่ยั่งยืน โดยมีเป้าหมายสร้างอาชีพที่มั่นคง จากการส่งเสริมการผลิตและแปรรูปด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความยั่งยืน และเป็นต้นแบบการเรียนรู้ โดยได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับกัญชงสามารถแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม คือ 1) งานปรับปรุงพันธุ์กัญชง เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านสารสกัด อาหาร และเส้นใย ได้พันธุ์กัญชงที่มีสาร THC ต่ำและขึ้นทะเบียนพันธุ์กับกรมวิชาการ จำนวน 8 พันธุ์ (RPF 1-8) 2) งานวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต ได้พัฒนาระบบการปลูก เพื่อผลิตเส้นใย (Fiber type) สารสกัด (CBD type) เมล็ดพันธุ์และเมล็ดบริโภค (Superfood type) โดยศึกษาพันธุ์ ระยะปลูก การจัดทรงพุ่ม ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การพัฒนาเครื่องลอกเปลือกเพื่อลดแรงงานในการผลิตเส้นใย ลดขั้นตอนการแปรรูปเส้นใย และพัฒนาเครื่องปั่นเส้นด้ายในระดับชุมชน เพื่อให้เส้นใยมีคุณภาพ และต้นทุนต่ำ และ 3) งานแปรรูปผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ได้แก่ กลุ่มเส้นใย ผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์ยาและสุขภาพ ผลิตภัณฑ์สารสกัด และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ พัฒนาผ้าทอกัญชงผสมกับเส้นด้ายธรรมชาติอื่น ๆ

สู่การสร้างผ้าต้นแบบเชิงพาณิชย์กว่า 30 รายการ และพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงจากส่วนต่างๆ ของกัญชงกว่า 60 รายการ (Ketpet, 2022) โดยเฉพาะปัจจุบันมูลนิธิโครงการหลวงได้มุ่งเน้นพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงกลุ่มเส้นใยตามพระราชดำริสของพระบรมราชชนนีพันปีหลวง เนื่องจากมีส่วนเกี่ยวข้องกับทั้งเกษตรกรผู้ปลูกกัญชง (ต้นน้ำ) และเชื่อมโยงกับงานด้านหัตถกรรมด้านอาชีพนอกภาคการเกษตรตามวิถีชนเผ่า ได้แก่ ทอผ้า ย้อมสี และตัดเย็บ (กลางน้ำ) ที่สามารถสร้างงานและรายได้ให้ชุมชนบนพื้นที่สูงได้ และงานด้านการตลาดกัญชง (ปลายน้ำ) โดยพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากการออกแบบเชิงสร้างสรรค์และสามารถใช้ประโยชน์ได้จริงที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค พัฒนารูปแบบการจัดทำแผนการผลิต-ตลาดสินค้ากัญชงตลอดห่วงโซ่ ศึกษาช่องทางการตลาด (รูปแบบธุรกิจ) และกลุ่มเป้าหมายที่เหมาะสมกับแต่ละผลิตภัณฑ์ ทั้งต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ เพิ่มการรับรู้เรื่องกัญชงผ่านสื่อประชาสัมพันธ์ระบบออนไลน์ผ่านข้อมูลเรื่องเล่า (Story telling) เพื่อผลักดันให้กัญชงเป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ที่สามารถขยายผลสู่เชิงพาณิชย์ได้อย่างแท้จริงและยั่งยืน

จากการดำเนินการที่ผ่านมา พบว่าผลิตภัณฑ์กัญชงมีข้อจำกัดบางประการที่ทำให้จำเป็นต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ได้แก่ การออกแบบผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นแบบดั้งเดิม ไม่ทันสมัย ทำให้ไม่เป็นที่สนใจของคนรุ่นใหม่ ผลิตภัณฑ์กัญชงมีราคาจำหน่ายค่อนข้างแพงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยชนิดอื่น ทั้งธรรมชาติและสังเคราะห์ ทำให้แข่งขันกับผลิตภัณฑ์อื่นที่มีราคาถูกกว่าได้ยากในตลาด สินค้ามีคุณภาพแตกต่างกันไปในแต่ละรอบการผลิต แม้เส้นใยกัญชงมีจุดเด่นด้านเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ขาดการสื่อสารให้ลูกค้าได้ทราบ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์กัญชงยังมีภาพลักษณ์เชิงวัฒนธรรมที่นิยมเฉพาะกลุ่มและไม่เป็นสากลจึงทำให้ความนิยมอยู่วงจำกัด จึงไม่แพร่หลายในตลาดทั่วไป นอกจากนี้งานหัตถกรรมกัญชงจำเป็นต้องอาศัยความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุในชุมชนบนพื้นที่สูง ทำให้สามารถผลิตสินค้าได้จำนวนจำกัด เป็นต้น เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจพฤติกรรม การซื้อผลิตภัณฑ์กัญชงของลูกค้ามูลนิธิโครงการหลวง โดยการสำรวจข้อมูลทั่วไปของกลุ่มเป้าหมาย พฤติกรรม การซื้อผลิตภัณฑ์กัญชง และปัจจัยที่ทำให้ตัดสินใจซื้อของลูกค้า เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงสู่เชิงพาณิชย์ต่อไป จากนั้นจึงนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และทดสอบตลาดจริง ซึ่งในที่นี้ได้นำผลงานวิจัยด้านผ้าต้นแบบกัญชง (Mahachaiwong et al., 2022) และชุดจากการประกวดและเดินแบบ จากงาน “ศิลปหัตถกรรมพื้นที่สูง..กัญชงของแม่” มาพัฒนาเป็นสินค้าต้นแบบ และทดลองตลาดโดยจำหน่ายจริงจากการออกร้าน เพื่อศึกษาแนวโน้มความเป็นไปได้ทางการตลาด ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรม การซื้อผลิตภัณฑ์กัญชง และปัจจัยที่ทำให้ตัดสินใจซื้อ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงมูลนิธิโครงการหลวงสู่เชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กัญชงของมูลนิธิโครงการหลวง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) และการสำรวจผู้บริโภค (Survey) กลุ่มประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้ซื้อผลิตภัณฑ์โครงการหลวง ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน จึงได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาด้วยการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรการไม่ทราบขนาดประชากร (Infinite population) ($n = p(1-p)Z^2/e^2$) โดยที่ n = ขนาดของกลุ่มประชากร p = สัดส่วนของประชากร (กำหนดให้มีค่า = 0.5)

e = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้จากกลุ่มตัวอย่าง (กำหนดให้มีค่า = 0.05) Z = ระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ (ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่า Z = 1.96) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% และความคลาดเคลื่อนในการเลือกตัวอย่างร้อยละ 5 จะได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 199.8 คน หรือ 200 คน โดยใช้วิธีการเลือกสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกลูกค้าที่มาซื้อผลิตภัณฑ์หัตถกรรมในงานโครงการหลวง 53 ระหว่างวันที่ 4-14 สิงหาคม พ.ศ. 2565 ณ ศูนย์การค้าเซ็นทรัลเวิลด์ ในโซนนิทรรศการและโครงการส่วนพระองค์ ชั้น 1 โซนบีคอน 2-4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของลูกค้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการแปรผลพฤติกรรมการณ์การซื้อ โดยประกอบด้วยปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ ความรู้เกี่ยวกับเส้นใยกล้วย และการใช้ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยกล้วย

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการณ์การซื้อผลิตภัณฑ์จากเส้นใยกล้วย เพื่อรวบรวมความสนใจในประเภทของสินค้าจากผลิตภัณฑ์กล้วย สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อ ความถี่ในการซื้อสินค้า ช่องทางการจำหน่าย โปรโมชั่นที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของลูกค้า การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาวิเคราะห์เชิงปริมาณใช้สถิติพรรณนา โดยใช้ค่าความถี่ (Frequencies) และคำนวณหาตัวร้อยละ (Percentage)

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม โดยรวบรวมความคิดเห็นเพิ่มเติมของลูกค้าเพื่อใช้ประกอบการเสนอแนะของด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยของโครงการ

การนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

โดยนำผลการออกแบบผลิตภัณฑ์และผลงานวิจัยพัฒนาผ้ากล้วยที่ผ่านมา (Mahachaiwong *et al.*, 2022) มาสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ ได้สินค้า 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มสินค้าจากการประกวดและเดินแบบ จากงาน “ศิลปหัตถกรรมพื้นที่สูง..กล้วยของแม่” ณ อุทยานหลวงราชพฤกษ์ จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงวันที่ 22-31 สิงหาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 10 ชุด 2) กลุ่มผลงานวิจัยผ้าต้นแบบนำมาพัฒนาเป็นเสื้อผ้า กระเป๋า รองเท้า และอื่น ๆ คัดเลือกผลิตภัณฑ์โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเส้นใย การออกแบบ และผู้จำหน่าย จากนั้นทดลองผลิตสินค้าต้นแบบและทดลองตลาด เพื่อประเมินผลความต้องการจากผู้บริโภคโดยจำหน่ายจริงยังสถานที่ต่าง ๆ มีดังนี้ 1) งาน Hemp for all 2) งานโครงการหลวง เชียงใหม่ 3) งานเกษตรแม่โจ้ 90 ปี เกษตร อาหาร และสุขภาพ 4) งานสืบสานพระบรมมหาราชวชิรธรรม หัตถกรรมพื้นที่สูง และ 5) จำหน่ายที่หอศิลปวัฒนธรรมบนพื้นที่สูงและจำหน่ายผ่านระบบออนไลน์ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2566 - เมษายน พ.ศ. 2567 จากนั้นปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้ข้อมูลความคิดเห็นของผู้บริโภค เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กล้วยของมูลนิธิโครงการหลวงในการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแบบสอบถาม ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของลูกค้า ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการณ์การซื้อผลิตภัณฑ์จากเส้นใยกล้วย และข้อคิดเห็นเพิ่มเติมของลูกค้า เพื่อใช้ประกอบการเสนอแนะด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยของโครงการและขยายผลออกสู่การจำหน่ายผ่านฝ่ายบริหารผลิตผลและผลิตภัณฑ์และกองทุนโครงการหัตถกรรม

ผลการวิจัย

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างแบบสอบถาม จำนวน 200 ราย ได้ผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กล้วยของมูลนิธิโครงการหลวง

การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กล้วยของมูลนิธิโครงการหลวง แบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของลูกค้า (Table 1) พบว่าจากการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างแบบสอบถามทั้งสิ้น 200 ชุด ด้านเพศ พบว่าเป็นเพศชาย 19 ราย (ร้อยละ 9.5) และส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 181 ราย (ร้อยละ 90.5) ด้านอายุ พบว่าลูกค้ามีช่วงอายุ 56 ปีขึ้นไปมากที่สุด จำนวน 82 ราย (ร้อยละ 41.0) รองลงไปคือ ช่วงอายุ 46-55 ปี ด้านอาชีพ พบว่าลูกค้าส่วนใหญ่มีอาชีพอิสระ/แม่บ้าน มากที่สุด 102 ราย คิดเป็นร้อยละ 51 และเป็นพนักงานบริษัท/ข้าราชการ 98 ราย (ร้อยละ 49) ด้านรายได้ พบว่าลูกค้ามีรายได้อยู่ในช่วง 50,000 บาทขึ้นไป มากที่สุด ร้อยละ 49 ในขณะที่ช่วงรายได้ที่รองมาเป็นอันดับ 2 ได้แก่ ช่วงรายได้ 18,000 บาท ถึง 25,000 บาท (ร้อยละ 18.5) อันดับ 3 คือช่วงรายได้ระหว่าง 25,000 บาท ถึง 35,000 บาท และ 50,000 บาท ร้อยละ 15.5 ด้านความรู้เกี่ยวกับเส้นใยกล้วย พบว่าลูกค้าส่วนใหญ่ทราบมากที่สุด จำนวน 167 ราย ร้อยละ 83.5 และไม่ทราบ จำนวน 33 ราย ร้อยละ 16.5 ด้านการใช้ผลิตภัณฑ์กล้วยจากเส้นใยกล้วย พบว่าลูกค้าส่วนใหญ่เคยใช้มากที่สุด 126 ราย ร้อยละ 63 และไม่เคย 74 ราย ร้อยละ 37

Table 1 Customers general information

Item	Frequency (persons)	Percentage
Gender		
Male	19	9.5
Female	181	90.5
Total	200	100
Age		
25 - 35 years old	24	12.0
36 - 45 years old	31	15.5
46 - 55 years old	63	31.5
56 years old and up	82	41.0
Total	200	100
Occupation		
Freelance/housewife	102	51.0
Company Employees/Government Officials	98	49.0
Total	200	100

Table 1 (Continued)

Item	Frequency (persons)	Percentage
Monthly Income		
18,000 – 25,000 B.	37	18.5
25,001 – 35,000 B.	34	17.0
35,001 – 50,000 B.	31	15.5
50,000 B. onwards	98	49.0
Total	200	100
Knowledge about hemp fiber		
Know	167	83.5
Don't know	33	16.5
Total	200	100
Experience using products from hemp fiber		
Ever	126	63.00
Never	74	37.00
Total	200	100

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์จากเส้นใยกัญชง (Table 2) 1) ด้านความถี่ในการซื้อช่องทางในการซื้อ และโปรโมชั่นที่น่าสนใจ พบว่าความถี่ในการซื้อสูงสุดคือ 3 เดือน/1ครั้ง มีค่าร้อยละ 31 รองลงมา มีความถี่ในการซื้อที่ใกล้เคียงกัน คือ 1 ครั้ง/เดือน และ 2 ครั้ง/เดือน มีค่าร้อยละ 27.5 และ 26.0 และความถี่ในการซื้อ 2 เดือน/1ครั้ง มีค่าร้อยละ 11 และความถี่ในการซื้ออื่น ๆ เช่น ตามโอกาส มีค่าน้อยที่สุด ร้อยละ 4.50 ตามลำดับ

Table 2 Consumer Buying Behavior of Hemp Products

Item	Frequency (persons)	Percentage
1. Frequency of purchase		
3 month /1 time	62	31.00
1 time/month	55	27.50
2 time/month	52	26.00
2 month/time	22	11.00
Other	9	4.50
Total	200	100
2. Distribution channels		
Shop	148	59.20
Online	72	28.80
Other	30	12.00
Total	250	100
3. Interesting promotions		
Discount	145	52.16
Promotional products with limited quantities	55	19.78
Gift	52	18.71
Gift voucher/cash back	20	7.19
Other	6	2.16
Total	278	100

Interviewees can select more than one answer.

ด้านช่องทางซื้อมากที่สุด คือ ช่องทางร้านโครงการหลวง ร้อยละ 59.20 รองลงมาเป็นช่องทางออนไลน์ ร้อยละ 28.80 และช่องทางอื่น ๆ เช่น การออกร้านหรือออกบูธ น้อยที่สุด ร้อยละ 12.00 ด้านโปรโมชั่นที่ลูกค้าสนใจมากที่สุด คือ การลดราคา ร้อยละ 52.16 รองลงมาคือ สินค้าโปรโมชั่นมีจำนวนจำกัด และของแถม ร้อยละ 19.78 และ 18.71 ตามลำดับ และโปรโมชั่นที่ลูกค้าสนใจน้อย คือ บัตรกำนัล/เงินคืน ที่ร้อยละ 7.19 และโปรโมชั่นที่ลูกค้าสนใจอื่น ๆ ได้แก่ สินค้าจำนวนจำกัดที่มีส่วนลดตามจำนวนที่ซื้อ และการสะสมแต้ม ลูกค้าสนใจน้อยที่สุด ร้อยละ 2.16 ด้านช่องทางการรับรู้ข่าวสารสินค้า ตรา “โครงการหลวง” พบว่าลูกค้ารับรู้ข่าวสารสินค้าจากช่องทาง Facebook : โครงการหลวง ดี ร้อยมากที่สุด ร้อยละ 41.73 รองลงมา คือช่องทาง Website: มูลนิธิโครงการหลวง ร้อยละ 29.92 และช่องทางอื่น ๆ ที่ลูกค้าได้รับข่าวสาร ได้แก่ โทรทัศน์ วิทยุ และไลน์ ร้อยละ 15.35 ส่วนช่องทาง IG: thairoyalproject และ Tiktok: ดี ร้อย น้อยที่สุด ที่ร้อยละ 7.87 และ 5.12 ตามลำดับ

Table 3 New Channels of Hemp Products

News channels	Frequency (persons)	Percentage
Facebook: Royal Project dee Aroi	106	41.73
Website: Royal Project foundation	76	29.92
IG: thairoyalproject	20	7.87
Tiktok: @d. aroi	13	5.12
Other	39	15.35
Total	254	100

Interviewees can select more than one answer.

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความคิดเห็นของลูกค้า พบว่าลูกค้าส่วนใหญ่ซื้อสินค้าโดยตรงจากร้านค้า เนื่องจากสามารถทดลองสวมใส่ สัมผัสเนื้อผ้า ตรวจเช็คตำหนิ คุณภาพของวัสดุ ความแน่นหนา และประณีตในการตัดเย็บได้ โดยการสอบถามข้อมูลจากพนักงานได้ และนอกจากนี้ลูกค้าให้เหตุผลว่าไม่มั่นใจในการซื้อสินค้าออนไลน์ เนื่องจากสินค้าหัตถกรรมส่วนใหญ่มีขนาดไม่ชัดเจนและคุณภาพแตกต่างกัน ลูกค้าให้ข้อเสนอแนะในการออกร้านว่าควรจัดพื้นที่สำหรับทดลองสวมใส่ที่มีมิติชัดเจน เป็นสัดส่วน และจัดเจ้าหน้าที่ให้เพียงพอในการให้ข้อมูลแก่ลูกค้า และควรออกร้านบ่อยเพื่อเพิ่มโอกาสในการจำหน่ายสินค้ามากขึ้น และควรออกร้านในห้างสรรพสินค้าเพื่อให้สะดวกต่อการเดินทาง ส่วนช่องทางออนไลน์ ลูกค้าส่วนใหญ่ให้ข้อเสนอแนะว่าควรเป็นช่องทางจำหน่ายสำหรับสินค้าที่มีมูลค่าไม่สูงนัก ไม่จำเป็นต้องทดลองสวมใส่ เช่น เป็นกลุ่มสินค้าของฝาก ของใช้จิ๋วๆ และของที่ระลึกขนาดเล็ก จึงเป็นอีกช่องทางการจำหน่ายหนึ่งที่จะทำให้เข้าถึงได้ง่ายและมีโอกาสขยายการตลาดได้มากขึ้น ส่วนความคิดเห็นหลังการใช้งาน พบว่าผลิตภัณฑ์เส้นใยกัญชงมีภาพลักษณ์ในด้านความคลาสสิก ไม่เชย คงทน ใช้ได้นาน เนื้อผ้ามีเอกลักษณ์ มีความนุ่ม แต่พบปัญหาหลายประการ เช่น การสวมใส่ในระยะแรกเนื้อผ้ามีความแข็ง กระด้าง บางครั้งระคายเคืองผิว แต่เมื่อผ่านการซักระยะหนึ่งแล้ว เนื้อผ้าจะนุ่มลง ลูกค้าส่วนใหญ่มีความประทับใจต่อผลิตภัณฑ์กัญชงเรื่องความนุ่ม และความประณีตในการตัดเย็บ เหมาะสำหรับเป็นของฝาก ของขวัญ ของที่ระลึกที่มีคุณค่าทางจิตใจ การผลิตสินค้ากัญชงของมูลนิธิโครงการหลวง จึงควรผลิตเพื่อให้ลูกค้าซื้อใช้เพื่อนำมาเป็นของขวัญ โดยออกงานในเทศกาลต่าง ๆ มากขึ้น

การนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผลการการออกแบบผลิตภัณฑ์และผลงานวิจัยพัฒนาผ้ากัญชงที่ผ่านมา (Mahachaiwong *et al.*, 2022) สามารถสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มสินค้าจากการประกวดและเดินแบบ จากงาน “ศิลปหัตถกรรมพื้นที่สูง..กัญชงของแม่” จำนวน 10 ชุด จากการประเมินจากผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ งานส่งเสริมและพัฒนาหัตถกรรม และกองทุนโครงการหัตถกรรม โดยใช้เกณฑ์ในด้านราคา การใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน และความง่ายในการส่งเสริมให้เกษตรกรตัดเย็บ พบว่าสามารถคัดเลือกชุดประกวดสำหรับผลิตจำหน่ายทั่วไป

ได้ 3 ชุด ได้แก่ The Charming of Karen ลีงงาม และเสน่ห์แห่งขุนเขา จากนั้นทดลองผลิตสินค้าต้นแบบและทดลองตลาด เพื่อประเมินผลความต้องการจากผู้บริโภคโดยจำหน่ายจริงผ่านกองทุนโครงการหัตถกรรม (Figure 1) และ 2) กลุ่มผลงานวิจัยผ้าต้นแบบนำมาพัฒนาเป็นเสื้อผ้า กระเป๋า รองเท้า และอื่น ๆ โดยคัดเลือกเนื้อผ้าจากงานวิจัยจำนวน 30 แบบ มาพัฒนาเป็นสินค้าต้นแบบ คัดเลือกผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับกลุ่มแรก จากนั้นทดลองผลิตสินค้าต้นแบบและทดลองตลาดเพื่อประเมินผลความต้องการจากผู้บริโภคโดยจำหน่ายจริงจากการออกร้านในงานสำคัญต่าง ๆ ดังนี้ 1) งาน Hemp for all 2) งานโครงการหลวง เชียงใหม่ 3) งานเกษตรแม่โจ้ 90 ปี เกษตร อาหาร และสุขภาพ 4) งานสืบพันธุ์ไม้ หลากหลายวัฒนธรรม หัตถกรรมพื้นที่สูง และ 5) จำหน่ายที่หอศิลป์หัตถกรรมบนพื้นที่สูงและจำหน่ายผ่านระบบออนไลน์ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566-เมษายน พ.ศ. 2567 จากนั้นปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ และขยายผลออกสู่การจำหน่ายพบว่าสินค้าที่สามารถผลักดันออกสู่ตลาด ได้แก่ เสื้อคลุมสตรี และรองเท้ากัญชง 2 แบบ คือ แบบผูกเชือก และ slip-on โดยใช้ผ้าที่ได้จากการวิจัย เช่น ลายก้างปลาและลายหมากรุก มาตัดเป็นเสื้อคลุม ส่วนรองเท้าใช้ผ้าม้วนกัญชงของกลุ่มดาวม่วง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่มาพัฒนาเป็นรองเท้า โดยได้ออกแบบสัญลักษณ์ “h” ภายใต้รูปใบกัญชงเพื่อใช้เป็นสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์กัญชง (Figure 2)



Figure 1 Group of prototype products from the competition series selected for sale



Figure 2 Groups of prototype research product selected for sale

วิจารณ์ผลการวิจัย

การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ เป็นงานวิจัยเริ่มต้นก่อนที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับจำหน่าย จากผลการวิเคราะห์ด้านข้อมูลทั่วไปของลูกค้ายี่ห้อที่มาร่วมงานโครงการหลวง 53 ณ ศูนย์การค้าเซ็นทรัลเวิลด์ พบว่ากลุ่มลูกค้าปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงที่มีกลุ่มอายุตั้งแต่ 56 ปีขึ้นไป โดยเป็นกลุ่มอาชีพอิสระและแม่บ้าน มีรายได้ตั้งแต่ 50,000 บาทขึ้นไป กลุ่มลูกค้าดังกล่าวทราบถึงคุณสมบัติของเส้นใยกันยุงที่สามารถนำมาทำเป็นเส้นใยได้ และเคยใช้ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยกันยุง ซึ่งลูกค้ากลุ่มนี้มีกำลังซื้อสูงและส่วนใหญ่จะใช้บริการที่ศูนย์การค้าในช่วงวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ ดังนั้นจึงควรทำการตลาดหรือการออกร้านในช่วงวันหยุด ซึ่งมีลูกค้าในกลุ่มนี้ค่อนข้างสูง สอดคล้องกับ Chumket *et al.* (2013) ที่รายงานว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ด้านอายุ อาชีพ และรายได้ มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวโครงการหลวงของผู้บริโภคในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยที่มีผู้ตอบสอบถามจำนวน 400 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 78.5 มีอายุระหว่าง 21-30 ปี ร้อยละ 42.5 ประกอบอาชีพพนักงาน/ลูกจ้าง ร้อยละ 38 มีรายได้ต่อเดือน 1,0001-15,000 บาท ร้อยละ 36 และ Pasunon *et al.* (2013) ที่รายงานว่าปัจจัยส่วนบุคคลที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวของร้านโครงการหลวง สาขาหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีอายุระหว่าง 20-60 ปี โดยส่วนใหญ่เป็นหญิงร้อยละ 54.0 มีอายุระหว่าง 30-39 ปี ร้อยละ 30 ประกอบอาชีพพนักงาน/ลูกจ้าง ร้อยละ 52 มีรายได้ต่อเดือน 10,001-20,000 บาท ร้อยละ 34 ซึ่งจะเห็นได้ว่าถึงแม้การสำรวจข้อมูลจากจังหวัดเดียวกันแต่ต่างพื้นที่ก็อาจมีปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน นอกจากนี้ปัจจัยส่วนบุคคลยังมีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์หลายอย่าง อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Juruswattanaphan and Panthoung, 2023) และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม (Keantubtim, 2023)

จากข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์จากเส้นใยกันยุงประเภทต่าง ๆ พบว่าความถี่ในการซื้อ ช่องทางในการซื้อ และโปรโมชั่นที่สนใจ พบว่าความถี่ในการซื้อสูงสุด คือ 3 เดือน/ครั้ง โดยซื้อผ่านช่องทางร้านโครงการหลวงมากที่สุด ร้อยละ 59.20 รองลงมาเป็นช่องทางออนไลน์ ร้อยละ 28.80 และช่องทางอื่น ๆ เช่น การออกร้านหรือออกบูธน้อยที่สุด ร้อยละ 12.00 ด้านโปรโมชั่นที่ลูกค้าสนใจมากที่สุด คือ การลดราคา คิดเป็นร้อยละ 52.16 รองลงมาคือสินค้าโปรโมชั่นมีจำนวนจำกัด ด้านช่องทางการรับรู้ข่าวสารสินค้า ตรา “โครงการหลวง” พบว่าลูกค้ารับรู้ข่าวสารสินค้าจากช่องทาง Facebook: โครงการหลวง ดี อร่อย มากที่สุด ซึ่งเป็นช่องทางการซื้อสินค้าที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายสามารถใช้เรื่องเล่าสื่อสารและแนะนำสินค้าใหม่และโปรโมชั่นให้กับลูกค้าได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับ Sudasna Na Ayudhaya *et al.* (2023) ที่ได้รายงานว่าได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ใยกันยุงเพื่อเพิ่มมูลค่าด้วยการเล่าเรื่อง การออกแบบเชิงสร้างสรรค์และการส่งเสริมการตลาดดิจิทัลของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จังหวัดเชียงใหม่ สามารถเพิ่มยอดขายได้มากขึ้นจากเดิมอย่างน้อย 10-20% หลังจากได้รับการพัฒนาราว 2 เดือน ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จะทำให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์และบริหารจัดการช่องทางการจำหน่ายได้อย่างถูกต้อง สำหรับพฤติกรรมของลูกค้าในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์สินค้าหัตถกรรมไทย ได้มีการศึกษาในหลายพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ (Punta, 2011) เขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ (Pongwiritthorn, 2017) (ได้แก่ ไนท์บาซาร์ ตลาดวโรรส (กาตหลวง) ถนนคนเดินท่าแพ โอท็อปช๊อปปี้ เซ็นทรัลพลาซ่าเชียงใหม่แอร์พอร์ต โซน Northern เป็นต้น) และเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (Karnchanapayap, 2021) พบว่าส่วนใหญ่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องแต่งกายเนื่องจากชื่นชอบสินค้าหัตถกรรมไทย โดยซื้อเพื่อใช้เอง และได้ข้อมูลจากผู้ที่เคยใช้และตัดสินใจซื้อด้วยตนเอง ส่วนใหญ่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์

ในวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ โดยได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาส่วนประสมทางการตลาดดังนี้ ด้านผลิตภัณฑ์ควรมีรูปแบบและบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม ด้านราคาต้องเหมาะสมกับคุณภาพของสินค้า ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายเน้นงานแสดงสินค้าต่าง ๆ และการจัดตกแต่งร้าน ด้านการส่งเสริมการตลาดควรเน้นพนักงานขายที่ต้องเอาใจใส่ลูกค้า จัดโปรโมชั่น ลดราคา แจกของแถม และปรับเปลี่ยนสินค้า

จากการวิเคราะห์ความคิดเห็นของลูกค้าเพิ่มเติม พบว่าลูกค้าส่วนใหญ่ซื้อสินค้าโดยตรงจากร้านค้าโครงการหลวง เนื่องจากสามารถทดลองสวมใส่สัมผัสเนื้อผ้า ตรวจสอบตำหนิ คุณภาพของวัสดุ ความประณีตในการตัดเย็บ และสอบถามข้อมูลจากพนักงานได้ สอดคล้องกับ Wiangsaeng *et al.* (2016) ที่ได้รายงานว่าพนักงานขายมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะพนักงานต้องมีความรู้ด้านผ้าที่จำหน่ายเป็นอย่างดีและสามารถชี้แจงข้อสงสัยได้ เนื่องจากลูกค้าส่วนใหญ่แจ้งว่ายังไม่ทราบว่ามูลนิธิโครงการหลวงมีการจำหน่ายสินค้ากลุ่มหัตถกรรมในรูปแบบออนไลน์ด้วย สำหรับโปรโมชั่นที่ลูกค้าให้ความสนใจมากที่สุด ได้แก่ การลดราคาเพื่อกระตุ้นยอดขาย ทั้งช่องทางร้านค้าสาขาต่าง ๆ และออนไลน์ อย่างไรก็ตามไม่ควรลดราคาบ่อย เพราะอาจถูกมองว่าเป็นสินค้าไม่ได้คุณภาพและลดคุณค่าของแบรนด์ ดังนั้นจึงควรใช้เทคนิคตั้งราคาสูงใจจากป้ายราคาแทน

การนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้นำผลการออกแบบและผลงานวิจัยพัฒนาผ้ากัญชง มาสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มสินค้าจากการประกวดและเดินแบบ จากงาน “ศิลปหัตถกรรมพื้นที่สูง.. กัญชงของแม่” จำนวน 10 ชุด พบว่าสามารถคัดเลือกชุดประกวดสำหรับผลิตจำหน่ายได้ 3 ชุด ได้แก่ The Charming of Karen ลี้องาม และเสน่ห์แห่งขุนเขา และชุดเหล่านี้ได้นำไปแสดงแบบในงานแสดงแบบ Fashion Week ที่กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ แสดงให้เห็นว่างานออกแบบของนักออกแบบไทยสามารถยกระดับสู่สากลได้ 2) กลุ่มผลงานวิจัยผ้าต้นแบบนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ พบว่าสินค้าที่สามารถผลักดันออกสู่ตลาด ได้แก่ เสื้อคลุมสตรี และรองเท้ากัญชง 2 แบบ คือ ลำลองแบบผูกเชือก และ Slip-on โดยในที่นี้สามารถใช้เนื้อผ้าได้หลายแบบเช่น ลายก้างปลา และลายหมากกรุก หรือลายอื่น ๆ จากงานวิจัยของ Mahachaiwong *et al.* (2022) และผ้าม้วนทอที่มีเป็นเอกลักษณ์ของกลุ่มดาวม่าง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่มาพัฒนาเป็นรองเท้า

สำหรับงานทางด้านพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นใยกัญชงของมูลนิธิโครงการหลวงได้มีผู้ที่ดำเนินงานวิจัยมาบ้างแล้ว ดังเช่น Mahachaiwong *et al.* (2022) ได้พัฒนาผ้าต้นแบบ โดยใช้เส้นด้ายกัญชงและเส้นด้ายปั่นมีอมาปั่นผสมกับเส้นใยฝ้าย ในอัตราส่วน (35:65) และนำมาทอผสมกับเส้นด้ายธรรมชาติอื่น ได้แก่ ไหมหม่อน ฝ้าย เมอร์เซอร์ไรซ์ เทนเซล และเรย่อน ฟิลาเมนต์ โดยการทอด้วยกี่เอว กี่พื้นเมือง และกี่กระตุก ได้ผ้าทอต้นแบบจำนวน 30 แบบ นำเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งทอ นักวิชาการ นักออกแบบ ผู้ประกอบการและผู้แทนหน่วยงานที่ทำงานด้านสิ่งทอจำนวน 33 คน พิจารณาผิวสัมผัส รูปแบบการทอ และความเหมาะสมในการนำไปทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และได้้นำผ้าทอต้นแบบไปออกแบบตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าต้นแบบ จำนวน 6 แบบ ได้แก่ เสื้อพระราชทาน 2 แบบ เสื้อสุทบุรุษ 1 แบบ ชุดลำลองสตรี 2 แบบ เสื้อลำลองเจ้าหน้าที่สตรี 1 แบบ และชุดทำงานสตรี 1 แบบ อย่างไรก็ตามเนื่องจากได้สิ้นสุดระยะเวลาการดำเนินการวิจัย 1 ปี จึงไม่ได้ดำเนินการทดสอบตลาดจริง

ต่อมา Ketpet *et al.*, (2024) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการขยายผลงานวิจัยโดยการนำเอาองค์ความรู้จากการวิจัยด้านผลิตภัณฑ์จากเส้นใยและผ้าฝ้ายไปแปรรูปเป็นเสื้อผ้า เครื่องแต่งกาย และอื่น ๆ เพื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาเป็นสินค้าและทดลองจำหน่ายออกสู่ตลาด โดยศึกษาแนวโน้มและวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้

มาปรับใช้กับงานส่งเสริมและพัฒนาหัตถกรรมของบนที่สูงให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชง ประกอบด้วย 4 กิจกรรม คือ 1) ศึกษาความเหมาะสมของเนื้อผ้าที่มีต่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จากเนื้อผ้าที่ได้จากงานวิจัยจำนวน 30 แบบ เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กัญชง 2) ประเมินต้นทุนผลิตภัณฑ์ต้นแบบ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสินค้าจากการประกวดและเดินแบบ และกลุ่มผลงานวิจัยเส้นใยและผ้าต้นแบบ จำนวน 30 แบบ 3) ดำเนินการแปรรูป และจัดเตรียมผลิตภัณฑ์สำหรับจำหน่าย และ 4) ทดสอบตลาดและจำหน่ายจริง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Mahachaiwong *et al.* (2022) ที่ศึกษาทั้งการพัฒนาเส้นด้ายหัตถกรรมและเส้นด้ายอุตสาหกรรมกัญชงผสมกับเส้นใยธรรมชาติ แต่เป็นงานวิจัยที่ต่อยอดโดยได้นำผ้าต้นแบบมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กัญชงต่อยอดจากงานวิจัยเดิม จากนั้นทดลองตลาดด้วยการจำหน่ายจริงเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพพัฒนาต่อเป็นสินค้าของมูลนิธิโครงการหลวง เพื่อให้มีความเหมาะสมตรงตามความต้องการของลูกค้ามากยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กัญชงของมูลนิธิโครงการหลวง เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาปรับใช้กับงานส่งเสริมและพัฒนาหัตถกรรมของบนที่สูง ให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงเป็นไปอย่างถูกต้องและตรงตามความต้องการของลูกค้า โดยการสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภค จำนวน 200 คน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 56 ปีขึ้นไป อาชีพอิสระ/แม่บ้าน รายได้ 50,000 บาทขึ้นไป ทราบถึงคุณสมบัติของเส้นใยกัญชง และเคยใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ โดยมีความถี่ในการซื้อ 3 เดือน/ครั้ง และซื้อผ่านช่องทางร้านค้าโครงการหลวงมากที่สุด และโปรโมชั่นที่สนใจ คือ การลดราคา สำหรับช่องทางการรับรู้ข่าวสารสินค้า คือ Facebook โครงการหลวงดีอรรย การวิเคราะห์ความคิดเห็นของลูกค้าเพิ่มเติม พบว่าส่วนใหญ่ลูกค้าซื้อสินค้าโดยตรงจากร้านโครงการหลวง เนื่องจากสามารถทดลองสวมใส่และแนะนำว่าควรจัดพื้นที่สำหรับทดลองสวมใส่ โดยควรจัดเจ้าหน้าที่สำหรับให้ข้อมูลกับลูกค้าให้เพียงพอ และควรออกร้านเพื่อเพิ่มโอกาสในการจำหน่ายสินค้าให้มากขึ้น โดยเฉพาะออกร้านในห้างสรรพสินค้า เพื่อให้สะดวกต่อการเดินทาง ด้านการพัฒนาสินค้าเพื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาเป็นสินค้าและทดลองจำหน่ายออกสู่ตลาด 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มสินค้าจากการประกวดและเดินแบบ 10 ชุด พบว่าสามารถคัดเลือกสำหรับต่อยอดสู่การจำหน่ายได้จำนวน 3 ชุด คือ The Charming of Karen ลีอาม และเสน่ห์แห่งขุนเขา และ 2) กลุ่มผลงานวิจัยผ้าต้นแบบจากงานวิจัยสามารถคัดเลือกสำหรับต่อยอดสู่การจำหน่ายได้ 3 ชิ้นงาน คือ เสื้อคลุมสตรี โดยใช้ผ้าลายก้างปลาและลายหมากรุก ส่วนรองเท้านำลองแบบผูกเชือก และ Slip-on ใช้ผ้ามันทอที่มีของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมูลนิธิโครงการหลวง ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณกองทุนโครงการหัตถกรรม งานสนับสนุนการตลาด ฝ่ายบริหารผลิตผลและผลิตภัณฑ์ ที่ได้สนับสนุนบุคลากรในการสัมภาษณ์และกรอกแบบสอบถาม ขอขอบคุณศูนย์การค้าเซ็นทรัลเวิลด์ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณ

บริษัทอินโนเวชั่น ฟุตแวร์ ที่ให้ความสำคัญและพัฒนารองเท้ากันบูท ขอบขอบคุณสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ที่ได้นำชุดประกวดของมูลนิธิโครงการหลวงไปแสดงแบบที่งาน London Fashion Week

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

จากผลการวิจัยโดยการสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณฑ์กันบูท ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนบุคคล ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าลูกค้าที่ซื้อผลิตภัณฑ์กันบูทส่วนใหญ่เป็นวัยผู้ใหญ่และผู้สูงอายุซึ่งมีความนิยมสินค้าที่มีภาพลักษณ์ที่ดีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และเป็นสินค้าที่ได้ลูกค้าใช้เป็นของฝากที่ระลึกที่มีคุณค่าทางจิตใจ ดังนั้นจึงควรเน้นปัจจัยสำคัญ ได้แก่ คุณภาพเนื้อผ้า ความนุ่มของเนื้อผ้า ประโยชน์ใช้สอย ความคงทน คุณภาพในการตัดเย็บ และรูปแบบของสินค้าให้เหมาะกับกลุ่มลูกค้า
2. ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญด้านการโฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ต่าง ๆ มากขึ้น ในที่นี้พบว่าช่องทางที่ลูกค้ารับรู้ข่าวสารในสินค้าโครงการหลวงผ่านช่องทาง Facebook: โครงการหลวง ดี อร่อย และ Website: มูลนิธิโครงการหลวงมากที่สุด จึงควรสื่อสารสินค้าในกลุ่มผลิตภัณฑ์จากกันบูทกับลูกค้าในช่องทางที่เป็นที่นิยมจึงสามารถเพิ่มโอกาสสื่อสารได้มากกว่าช่องทางที่ลูกค้านิยมใช้น้อย
3. ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญกับการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะกันบูทมีจุดเด่นในด้านการสร้างงานและรายได้ให้กับชุมชนบนพื้นที่สูง เป็นพืชที่สามารถดูดซับโลหะหนัก สามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเวลาอันสั้น จึงสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และดูดซับคาร์บอน
4. ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญในเรื่องการมีพนักงานขายที่มีความรู้ในการให้บริการและเอาใจใส่ลูกค้า เพื่อให้ข้อมูลลูกค้าได้อย่างถูกต้อง และควรมีห้องสำหรับทดลองชุด หรือเก้าอี้สำหรับบริการทดลองสวมใส่รองเท้าที่เป็นสัดส่วน เพื่อให้ลูกค้าสามารถเลือกซื้อสินค้าได้ตามความพึงพอใจ

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. ควรศึกษาวิจัยในพื้นที่อื่นเพิ่มเติม เช่น ร้านโครงการหลวงสาขาต่าง ๆ การออกร้านในงานโครงการหลวงจังหวัดเชียงใหม่ งานออกร้านสำคัญในรอบปี เป็นต้น เพื่อนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบกับงานวิจัยฉบับนี้ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ทั้งนี้ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านเพศ อายุ อาชีพ และรายได้ อาจมีความแตกต่างกัน
2. ควรใช้วิธีวิเคราะห์สถิติในการทดสอบสมมติฐานในด้านพฤติกรรมการตัดสินใจต่อผลิตภัณฑ์กันบูทเพิ่มเติม โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ความแปรปรวน เช่น Analysis of Variance (ANOVA) หรือหาค่าสหสัมพันธ์ถ้อยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น ใช้ Pearson's Correlation เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้น รวมไปถึงการทำการศึกษาวิจัยทางการตลาดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กันบูทของผู้ผลิตรายอื่น ๆ ทั้งจุดเด่น ปัญหาและข้อจำกัด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กันบูทให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้ามากยิ่งขึ้น
3. ควรมีการศึกษาปัจจัยในด้านอื่นเพิ่มเติม เช่น ปัจจัยด้านคุณภาพสินค้า ด้านการให้บริการ ด้านการรับรู้คุณค่าตราสินค้าโครงการหลวง ด้านทัศนคติที่เป็นองค์กรเพื่อสังคม ด้านความหลากหลายของสินค้า เป็นต้น เพื่อปรับปรุงการให้บริการให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้ามากยิ่งขึ้น

4. ควรมีการศึกษาในด้านการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ให้กับผลิตภัณฑ์สินค้ากัญชงให้มีทันสมัยและมีความเป็นสากลเพิ่มมากขึ้น เพื่อเพิ่มโอกาสในการจำหน่ายในร้านโครงการหลวงหรือจำหน่ายในการออกร้าน เช่น การผลิตเสื้อโปโล เสื้อยืด หรือหมวกกัญชง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- Chumket, J., T. Phacharo and S. Panti. 2013. The perceived image of the Royal Project products to consumers in Hua Hin district, Prachuabkirikhan. **Maejo Business Administration Review** 2(1): 1151-1169. [Online]. Available http://www.mis.ms.su.ac.th/MISMS01/PDF01/46_20190624_t_46.pdf (September 21, 2024). [in Thai]
- Food Institute, Textile Institute and Small and Medium Enterprise Development Institute. 2022. **Hemp as a New Cash Crop: Industrial Utilization**. Bangkok: Performance under the Project to Support the Hemp Processing Industry in Response to the Bioeconomy. 69 p. [in Thai]
- Juruswattanaphan, P. and S. Panthoung. 2023. The influences that affect sleep supplement purchasing decisions of consumers online. **Suthiparithat Journal** 37(2): 116-131. [Online]. Available https://so05.tci-thaijo.org/index.php/DPU_Suthiparithat_Journal/article/view/263068/178638. (December 8, 2024). [in Thai]
- Karnchanapayap, P. 2021. Factors affecting purchasing decisions on handwoven cotton processing products in Muang district Chiang Rai province. **Journal of Philosophical Vision** 26(1): 192-201. [Online]. Available <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/phiv/article/view/253066/171430>. (September 21, 2024). [in Thai]
- Keantabtim, C. 2023. Marketing mix factors affecting beverage purchasing decisions SPY Café@Talad Noi of Si Phraya Polytechnic College, Lam Lao Branch. **RMUTP Research Journal Humanities and Social Sciences** 8(2): 92-108. [Online]. Available <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/rmutphuso/article/view/268608/181098> (December 8, 2024). [in Thai]
- Ketpet, W. 2022. Royal project and hemp research and development. **Royal Project Journal** 26(3): 14-15. [in Thai]
- Ketpet, W., P. Manokam, N. Taejasoi, P. Wongsawad, P. Tipparat, S. Khamsukdee, C. Srimaueng, and S. Chaichom. 2023. Comparison studies of cultivation technology of CBD and superfood hemp varieties. **Journal of Agricultural Research and Extension** 41(3): (in press). [in Thai]
- Ketpet, W., N. Mahachaiwong, V. Suriya, C. Sasithev, S. Thaewthatam, W. Pethai, W. Donchai, S. Mekmongkol, N. Torruangwattana, S. Muangma, S. Pinmanee and R. Yanaphan. 2024. **Commercial Expansion of Hemp Research**. Chiang Mai: Royal Project Foundation. 87 p. [in Thai]

- Mahachaiwong, N., W. Suriya, S. Thaewthatham, W. Donchai and W. Pethai. 2022. **A Pilot Project to Establish Cottage Hemp and Commercial Utilization.** Chiang Mai: Royal Project Foundation. 113 p. [in Thai]
- Nanakhon. V. 2021. **Hemp (Marijuana).** Nonthaburi: Thammasarn. 198 p. [in Thai]
- Office of Industrial Economics Ministry of Industry. 2020. **The Value Chain of Marijuana and Hemp. Bioindustry Insights Development Project.** Bangkok: Office of Industrial Economics, Ministry of Industry. 16 p. [Online]. Available https://bioinnovationlinkage.oie.go.th/a_AttachPlant/Plant_6_20230829_205516_1.pdf (December 8, 2024). [in Thai]
- Pasunon, P., S. Pantrakul and C. Thongpool. 2013. Marketing mix factors and buying rice behavior in Royal Project shop at Hua Hin Branch, Prachuapkhiri Khan province. **Maejo Business Administration Review** 2(1): 382-394. [Online]. Available http://www.mis.ms.su.ac.th/MISMS01/PDF01/270_20190710_T56_64.pdf (September 9, 2024). [in Thai]
- Pongwiritthon, R. 2017. Purchasing behavior of woven cotton products in Muang district, Chiang Mai province: implication for marketing mixes based on buyer needs. **Academic Journal University of the Thai Chamber of Commerce (Humanities and Social Sciences)** 37(1): 26-37. [Online]. Available http://utcc2.utcc.ac.th/utccjournal/371/26_37.pdf (September 1, 2024). [in Thai]
- Punta, S. 2011. **Factors Affecting the Decision-making to Purchase Processing Products from Hand-Woven Cotton Cloth in Sankampaeng District, Chiang Mai Province.** Special Problems in the Master of Business Administration Program Business Administration Major at Maejo University. 110 p. [Online]. Available http://webpac.library.mju.ac.th:8080/mm/fulltext/thesis/2554/sahatsawat_panta/fulltext.pdf (September 11, 2024). [in Thai]
- Sudasna Na Ayudhaya, B., S. Mekkkaphat and N. Tachumpa. 2023. The development of hemp products by adding value through storytelling, creative design and promoting digital marketing of the hemp community enterprise group, Chiang Mai province. **Journal of Cannabis Hemp and Herbs** 2(2): 1-12. [Online]. Available <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JCHH/article/view/262808/179051>. (December 8, 2024). [in Thai]
- Wiangsaeng, N., R. Kittilap and S. Juisiri. 2016. Factors influencing decision making of buying silk products of consumers in Khon Kaen municipality. **Dhammathas Academic Journal** 16(3): 133-142. [Online]. Available <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/dhammathas/article/view/79785/63660> (September 15, 2024). [in Thai]

รูปแบบท่าเรือชุมชนเกาะเกร็ดเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวและวิถีชีวิตชุมชน

Design of Community Piers in Koh Kret to Promote Tourism and Local Lifestyles

วิชยุทธ์ ชูเดช ชลิตา บุญพูล อภิญญา ศรีคำ และปฏิพล ยอดสุรางค์*

Wichayut Chudet, Chalida Boonphun, Aphinya Srikhum, and Patiphol Yodsurang*

ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: patiphol.y@ku.th

Abstract

This article aimed to study and develop design approaches for community piers in Koh Kret, Nonthaburi Province, to promote and preserve the community's way of life. The study employed field surveys, interviews with local residents, and an investigation of the surrounding ecosystem. The findings highlight the significant role of riverside areas in both tourism and daily life for local residents. The community expressed the need for spaces that sustainably connect their way of life with the river. Interviews revealed a consensus among residents that development should focus on the eastern side of the island, a primary tourist area with abandoned buildings and local shops in need of improvement. The proposed design for community piers and riverside platforms includes small-scale piers and multi-level terraces to harmonize with the riverside environment. The designed piers serve as multifunctional spaces, adaptable for both daily relaxation on weekdays and for accommodating tourists on weekends. These areas are designated for community activities, such as riverside markets, as well as spaces for resting and enjoying the scenery. The design incorporates adaptability to natural tidal changes, using natural materials and aquatic plants to mitigate shoreline erosion and blend seamlessly with the ecosystem. This development not only enhances the efficiency and functionality of the riverside areas but also maintains a balance between tourism development and the preservation of Koh Kret's community way of life, ensuring long-term sustainability.

Keywords: Koh Kret, riverside design, community pier, platform, riverfront community

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาแนวทางการออกแบบท่าเรือชุมชนเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี เพื่อส่งเสริมและรักษาวิถีชีวิตของชุมชน โดยใช้วิธีการสำรวจภาคสนาม สัมภาษณ์ผู้คนในชุมชน และสภาพแวดล้อม โดยรอบ ผลการสำรวจชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ริมน้ำมีบทบาทสำคัญทั้งในด้านการท่องเที่ยวและการใช้งานในชีวิตประจำวันของชาวบ้าน โดยชุมชนต้องการพื้นที่ที่สามารถเชื่อมโยงวิถีชีวิตกับแม่น้ำได้อย่างยั่งยืน จากการสัมภาษณ์พบว่าชาวบ้านมีความเห็นตรงกันว่าพัฒนาควรเน้นที่บริเวณฝั่งตะวันออกของเกาะ ซึ่งเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวหลักที่มีอาคารร้างและร้านค้าท้องถิ่นที่ต้องการปรับปรุง การออกแบบท่าเรือชุมชนและระบบน้ำที่เสนอประกอบด้วยท่าเรือขนาดเล็กและระบบต่างระดับเพื่อความสะดวกคล่องกับสภาพแวดล้อมริมน้ำ ท่าเรือที่ออกแบบมาเป็นพื้นที่ใช้งานเอนกประสงค์สามารถปรับใช้ได้ทั้งสำหรับการพักผ่อนในวันธรรมดาและรองรับนักท่องเที่ยวในวันหยุด โดยพื้นที่ดังกล่าวมีส่วนที่ใช้จัดกิจกรรมชุมชน เช่น ตลาดนัดริมน้ำ และพื้นที่สำหรับนั่งพักผ่อนชมทิวทัศน์ การออกแบบคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงตามปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง โดยการใช้วัสดุธรรมชาติและพืชน้ำช่วยลดผลกระทบจากการกัดเซาะตลิ่ง และสร้างความกลมกลืนกับระบบนิเวศ การพัฒนานี้ไม่เพียงแต่ช่วยปรับปรุงพื้นที่ริมน้ำให้มีประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุด แต่ยังรักษาสมดุลระหว่างการพัฒนาการท่องเที่ยวและการอนุรักษ์วิถีชีวิตของชุมชนเกาะเกร็ดได้อย่างยั่งยืนในระยะยาว

คำสำคัญ: เกาะเกร็ด, การออกแบบริมน้ำ, ท่าเรือชุมชน, ระบบน้ำ, ชุมชนริมน้ำ

คำนำ

เกาะเกร็ดเป็นเกาะกลางแม่น้ำเจ้าพระยาในจังหวัดนนทบุรี ที่มีชุมชนไทยเชื้อสายมอญอาศัยอยู่ และตั้งอยู่ไม่ไกลจากกรุงเทพฯ ซึ่งทำให้เป็นจุดหมายที่น่าสนใจสำหรับนักท่องเที่ยว ชุมชนมีเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมและวิถีชีวิตเรียบง่าย รวมถึงศิลปวัฒนธรรมที่น่าสนใจ เช่น กิจกรรมท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม สถาปัตยกรรมประเภทศาสนสถาน และผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นที่โดดเด่น เช่น เครื่องปั้นดินเผาและขนมมงคล เป็นต้น (Senaprom, 2005) ซึ่งชุมชนเกาะเกร็ดมีองค์ประกอบครบทั้ง 3 ประเด็น คือ ด้านสิ่งดึงดูดใจ ด้านการเข้าถึงชุมชน และด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของชุมชน เพื่อรองรับการท่องเที่ยว (Phuangthong, 2006) ด้านสิ่งดึงดูดใจ เกาะเกร็ดเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ขึ้นชื่อในจังหวัดนนทบุรี เป็นแหล่งชุมชนคนมอญที่มีชื่อเสียงเครื่องปั้นดินเผา และประเพณีวัฒนธรรมแบบพื้นบ้านดั้งเดิมที่ยังคงอนุรักษ์ไว้ได้อย่างดี ด้านการเข้าถึงชุมชน นักท่องเที่ยวสามารถเดินทางได้โดยรถยนต์ส่วนตัวหรือบริการขนส่งสาธารณะ และด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของชุมชน มีการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกหลากหลายเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว ได้แก่ ไฟฟ้า น้ำประปา เรือข้ามฟาก จักรยานให้เช่า ห้องสุขา ระบบกำจัดขยะ ระบบรักษาความปลอดภัย ฯลฯ (Jansuri *et al.*, 2021)

อย่างไรก็ตาม ด้วยความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและการเพิ่มขึ้นของการท่องเที่ยวและการพัฒนาเมือง ส่งผลให้ชุมชนและวิถีชีวิตดั้งเดิมต้องเผชิญกับความท้าทายต่าง ๆ ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์วัฒนธรรม (Yodsurang, 2019) ทั้งนี้ การท่องเที่ยวไม่เพียงแต่ทำให้ความหนาแน่นในพื้นที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ยังส่งผลต่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและโครงสร้างพื้นฐานของชุมชน เช่น ระบบน้ำ ระบบการขนส่ง และพื้นที่สาธารณะริมน้ำที่เคยถูกใช้เพื่อการพักผ่อนและกิจกรรมของชาวบ้าน หนึ่งในผลกระทบสำคัญ คือ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของพื้นที่ริมน้ำ ซึ่งเคยเป็นสถานที่สำคัญในการดำเนินชีวิตของคนในชุมชน ทั้งในด้านการขนส่ง การประกอบอาชีพการประมง และการทำสวน เมื่อการท่องเที่ยวเข้ามาแทรกซึมในพื้นที่ริมน้ำ สถานที่ที่เคยถูกใช้สำหรับกิจกรรมพื้นบ้านถูกปรับเปลี่ยนให้กลายเป็นสถานที่บริการนักท่องเที่ยว เช่น ร้านอาหาร คาเฟ่ หรือสถานที่เช่าจักรยาน ซึ่งส่งผลให้การเข้าถึงพื้นที่ริมน้ำของชุมชนลดลง ยิ่งไปกว่านั้นการสร้างสิ่งปลูกสร้างที่ไม่สอดคล้องกับลักษณะทางธรรมชาติและสถาปัตยกรรมดั้งเดิม เช่น การสร้างอาคารและท่าเรือขนาดใหญ่หรือการใช้โครงสร้างคอนกรีตแทนพื้นที่ธรรมชาติ รบกวนระบบนิเวศของแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้เกิดการกัดเซาะตลิ่งและทำลายระบบนิเวศในท้องถิ่น เช่น พืชน้ำและสัตว์น้ำที่เคยอาศัยอยู่ในบริเวณนั้นถูกลดจำนวนลง นอกจากนี้ ยังมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้พื้นที่สาธารณะริมน้ำที่เคยใช้สำหรับกิจกรรมทางสังคมของชาวบ้าน เช่น การพบปะพูดคุยและการจัดกิจกรรมชุมชน

ความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของชุมชนเกาะเกร็ดที่เคยมีความสัมพันธ์แน่นแฟ้นกับน้ำ การที่ชุมชนไม่สามารถใช้พื้นที่ริมน้ำได้อย่างเสรีดังเช่นอดีต ทำให้วิถีชีวิตดั้งเดิมเริ่มสูญหายไป (Yodsurang *et al.*, 2015) ความเชื่อมโยงระหว่างชุมชนและพื้นที่ริมน้ำที่เคยเป็นหัวใจสำคัญของวิถีชีวิตดั้งเดิมก็ถูกลดทอนลงอย่างชัดเจน การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การสำรวจสภาพแวดล้อมทางน้ำ ระบบนิเวศ และวิถีชีวิตของคนในชุมชนเกาะเกร็ด เพื่อนำเสนอแนวทางในการออกแบบและพัฒนาท่าเรือและพื้นที่ต่างระดับให้สอดคล้องกับความต้องการของชุมชน โดยให้ความสำคัญกับการรักษาสมดุลระหว่างการพัฒนาเพื่อรองรับการท่องเที่ยวและการอนุรักษ์วิถีชีวิตดั้งเดิมของคนในชุมชน จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในวิถีชีวิตที่เชื่อมโยงกับสายน้ำ และนำไปสู่การออกแบบพื้นที่ชุมชนที่สามารถรักษาความยั่งยืนทางวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ การวิจัยเชิงสำรวจและการวิจัยเชิงคุณภาพถูกนำมาใช้เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงพื้นที่ริมน้ำและชุมชนเกาะเกร็ดอย่างเป็นระบบ ขั้นตอนแรกเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง งานวิจัย และวรรณกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่และชุมชนเกาะเกร็ด ข้อมูลเหล่านี้ถูกใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาพื้นที่ริมน้ำ หลังจากนั้นได้มีการดำเนินการสำรวจภาคสนาม โดยทีมวิจัยลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์จำนวน 10 ตัวอย่าง การสัมภาษณ์ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) โดยผู้ศึกษาเลือกบุคคลที่อยู่ใกล้ที่สุดหรือพร้อมให้ข้อมูลในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ เพื่อให้ได้จำนวนตัวอย่างที่เพียงพอตามความต้องการ โดยไม่มีหลักเกณฑ์ที่ซับซ้อน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการในชุมชน ซึ่งสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการใช้

พื้นที่ริมน้ำ การดำเนินชีวิตในชุมชน และความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ การสัมภาษณ์ดำเนินไปในลักษณะการสนทนาลึกซึ้ง เพื่อสร้างบรรยากาศที่ผ่อนคลายและเอื้อต่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลอย่างเป็นธรรมชาติ นอกจากนั้นยังมีการสังเกตการณ์วิถีชีวิตของชาวบ้านและสภาพแวดล้อมโดยรอบ ได้แก่ พื้นที่กิจกรรมในชุมชน บริเวณตลาดนัดริมน้ำ และพื้นที่สาธารณะสำหรับการพักผ่อน มีการใช้อุปกรณ์บันทึกภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และการทำแผนที่เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและถูกต้องที่สุด นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามข้างต้นมาวิเคราะห์เพื่อหาความเชื่อมโยงกับข้อมูลจากวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่ครอบคลุมและแม่นยำในการเสนอแนวทางการพัฒนา สุดท้ายนี้วิจัยได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงพื้นที่ริมน้ำและชุมชนเกาะเกร็ด โดยเน้นการรักษาเอกลักษณ์เฉพาะของชุมชน เพื่อให้การพัฒนาเกิดขึ้นอย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับวิถีชีวิตของคนในท้องถิ่น

ผลการวิจัย

เกาะเกร็ดมีลักษณะการใช้พื้นที่ที่แยกออกเป็นส่วน ๆ อย่างชัดเจน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เน้นการท่องเที่ยวและการพัฒนาทางกายภาพจะกระจุกตัวอยู่ทางทิศตะวันออกของเกาะ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญ เช่น วัดป้อมเก้า ร้านค้าท้องถิ่น และร้านอาหาร คาเฟ่ริมน้ำ ซึ่งได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ การพัฒนาพื้นที่ทางทิศตะวันออกยังรวมถึงการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น ท่าเรือเพื่อรองรับการเดินทางทางน้ำ ร้านค้าขายของที่ระลึก และการจัดพื้นที่เชิงพาณิชย์เพื่อให้บริการแก่นักท่องเที่ยว การเข้าถึงพื้นที่นี้สะดวกและมีการเชื่อมโยงบกับระบบขนส่งสาธารณะจากกรุงเทพฯ ทำให้พื้นที่ทางทิศตะวันออกเป็นจุดศูนย์กลางของการท่องเที่ยว



Figure 1 (Left) Western and central areas of Koh Kret maintain a traditional way of life.
(Right) Physical development is concentrated on the eastern side of Koh Kret.

ในทางตรงกันข้าม พื้นที่ทางทิศตะวันตกและใจกลางของเกาะเกร็ดยังคงรักษาลักษณะของสวนและพื้นที่แบบดั้งเดิม ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของคนในท้องถิ่นและยังไม่ได้ถูกพัฒนาอย่างหนักเหมือนกับทางทิศตะวันออก พื้นที่เหล่านี้เต็มไปด้วยสวนผลไม้ สวนเกษตร และบ้านเรือนที่ยังคงรักษาวีถีชีวิตดั้งเดิมของชุมชนมอญไว้ได้เป็นอย่างดี ซึ่งแสดงถึงความเป็นชุมชนเกษตรกรรมที่อิงอยู่กับธรรมชาติและเกษตร พื้นที่เหล่านี้ยังมีความสำคัญต่อการรักษาวัฒนธรรมและประเพณีดั้งเดิมของเกาะเกร็ด ลักษณะการใช้พื้นที่นี้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการพัฒนาเพื่อการท่องเที่ยวในบริเวณหนึ่งของเกาะ และการรักษาพื้นที่แบบดั้งเดิมในบริเวณอื่น ทำให้เกาะเกร็ดยังคงมีความหลากหลายในด้านการใช้งานพื้นที่ และสามารถผสมผสานระหว่างการพัฒนาเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวและการรักษาวีถีชีวิตดั้งเดิมของชุมชน

บทความนี้เน้นศึกษาพื้นที่ริมน้ำทางทิศตะวันออกของเกาะเกร็ด โดยเฉพาะบริเวณใกล้กับอาคารที่ถูกทิ้งร้างและร้านค้ากาแฟที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก โดยในวันหยุดจะมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก ร้านอาหาร ตลาดในวัด และแหล่งท่องเที่ยวเปิดใหม่ที่ ส่วนวันปกติสถานที่ท่องเที่ยวส่วนใหญ่ปิดทำการทำให้พื้นที่เงียบเหงา ชาวบ้านดำเนินชีวิตในสภาพแวดล้อมที่สงบและขาดพื้นที่ส่วนกลางในการจัดกิจกรรม จากการสัมภาษณ์พบว่าชุมชนไม่ต้องการการเปลี่ยนแปลงที่อาจทำลายความเป็นท้องถิ่น เช่น การสร้างสะพานสำหรับรถยนต์หรือนำร้านค้าแบรนด์ดังเข้ามา เพราะจะลดการใช้เรือสาธารณะและทำให้วิถีชีวิตดั้งเดิมของชุมชนถูกทำลาย ชุมชนต้องการการพัฒนาที่สอดคล้องกับลักษณะและวิถีชีวิตดั้งเดิมของเกาะเกร็ด

ภาพรวมเกาะเกร็ดแสดงให้เห็นความเชื่อมโยงของพื้นที่ต่าง ๆ (Figure 2) ทั้งในด้านการเข้าถึง การใช้พื้นที่ และการจัดสรรทรัพยากรเพื่อรองรับการท่องเที่ยว แผนผังยังแสดงถึงโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ เช่น วัดบางจาก และการเดินทางด้วยเรือเพื่อเชื่อมโยงพื้นที่รอบเกาะ พื้นที่โครงการ (Figure 3) ซึ่งแสดงพื้นที่ริมน้ำทางฝั่งตะวันออกของเกาะเกร็ด ที่มีการออกแบบและพัฒนาเพื่อสร้างความสัมพันธ์กับชุมชน มีการระบุพื้นที่บ้านร้าง บ้านพักอาศัย ร้านค้าในท้องถิ่น และสินค้าโครงการนี้มุ่งเน้นการใช้พื้นที่ริมน้ำเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวและเป็นสถานที่ให้ชุมชนและนักท่องเที่ยวได้เข้ามาใช้งาน แสดงให้เห็นถึงการปรับใช้พื้นที่ให้เหมาะสมกับทั้งชุมชนและนักท่องเที่ยว

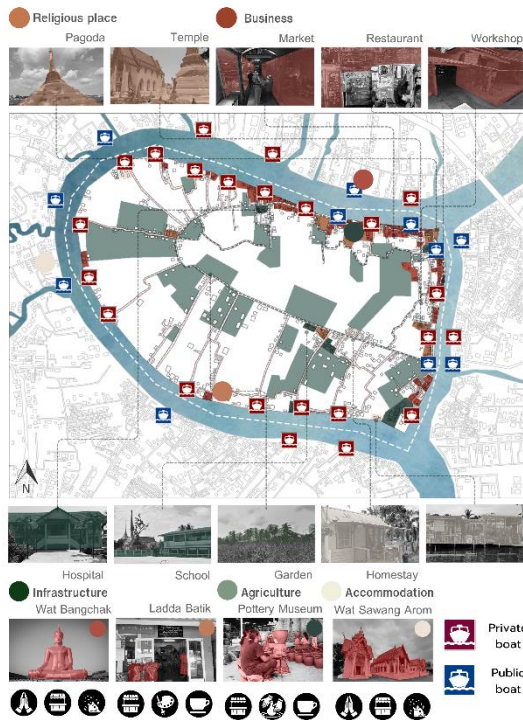


Figure 2 Site plan of Koh Kret



Figure 3 Project settings

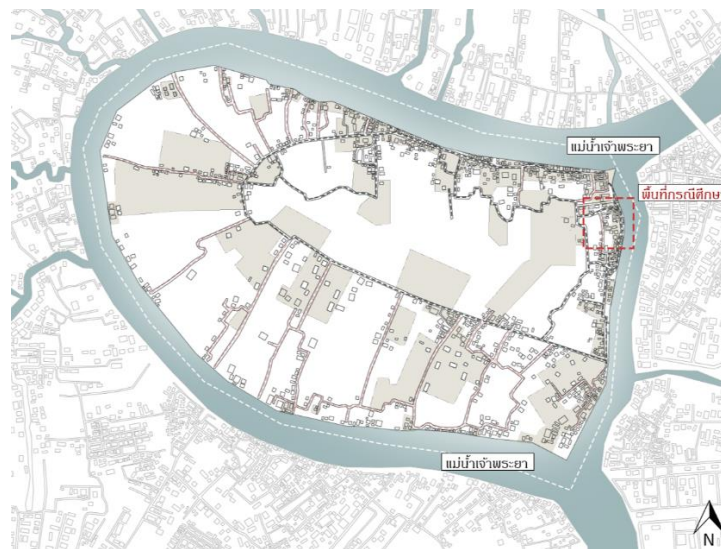


Figure 4 Locations for development community piers to promote tourism and local lifestyles

ตำแหน่งในการออกแบบท่าเรือชุมชนเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวและวิถีชีวิตชุมชน (Figure 4) เน้นไปที่การสร้างท่าเรือที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ห่างจากท่าเรืออื่น ๆ แต่ล้อมรอบด้วยสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญ พื้นที่นี้มีศักยภาพในการพัฒนาพื้นที่พักผ่อนและกิจกรรมชุมชน เพื่อสนับสนุนการใช้งานร่วมกันระหว่างชาวบ้านและนักท่องเที่ยว โดยไม่กระทบกับวิถีชีวิตดั้งเดิม ทั้งนี้ตำแหน่งที่ตั้งเหล่านี้ได้รับการพิจารณาโดยอ้างอิงจากการสัมภาษณ์ชาวบ้านและการสำรวจภาคสนาม เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของชุมชนและบริบททางกายภาพของพื้นที่ พร้อมทั้งสนับสนุนการพัฒนาที่เน้นความยั่งยืนและอนุรักษ์เอกลักษณ์ของเกาะเกร็ดในระยะยาว การออกแบบพิจารณาถึงผลกระทบจากเรือที่ผ่านไปมา ซึ่งก่อให้เกิดคลื่นที่ส่งผลกระทบต่อตลิ่งและพื้นที่ริมน้ำ ดังนั้น เพื่อป้องกันการกัดเซาะตลิ่งและปกป้องระบบนิเวศริมน้ำ การออกแบบจึงรวมถึงการใช้พืชที่มีบทบาทในการบรรเทาคลื่น โดยแบ่งออกเป็นสองชั้นหลัก คือ พืชน้ำและพืชริมตลิ่ง พืชเหล่านี้จะช่วยลดแรงกระแทกของคลื่นและรักษาความสมดุลของระบบนิเวศบริเวณริมน้ำในระยะยาว การใช้พืชธรรมชาติยังช่วยสร้างบรรยากาศที่ดีและทำให้ท่าเรือเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติในพื้นที่ได้อย่างกลมกลืน (Figure 5)



Figure 5 (Left) Section showing the connection between the canal ecosystem and design

(Right) Section showing the sequence from the pier to the pathway

แนวคิดของการออกแบบระเบียง (พื้นต่างระดับ หรือ Platform) (Figure 6) เน้นการใช้พื้นที่ริมน้ำที่ไม่ได้ใช้งานให้เกิดประโยชน์ โดยการสร้างระเบียงที่จะเชื่อมคนในชุมชนกับแม่น้ำ การออกแบบระเบียงต่างระดับนี้มีหลายระดับเพื่อตอบสนองกับปรากฏการณ์ธรรมชาติน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้พื้นที่สามารถใช้งานได้ในทุกฤดูกาล และไม่กระทบต่อการใช้พื้นที่ของชุมชน นอกจากนี้ ในวันธรรมดา ระเบียงต่างระดับจะเป็นสถานที่ให้คนในชุมชนมาใช้ในการพบปะ พูดคุย และทำกิจกรรมร่วมกัน ส่วนในวันหยุดสุดสัปดาห์ จะเป็นสถานที่พักผ่อนและรองรับนักท่องเที่ยวที่มาเยือนเกาะเกร็ด กระบวนการออกแบบที่ได้มาจากข้อมูลการสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์วิถีชีวิตและสภาพแวดล้อมโดยรอบ ทำให้ผลลัพธ์ออกแบบนี้สร้างความยืดหยุ่นในการใช้งานและส่งเสริมให้ชุมชนกับนักท่องเที่ยวมีส่วนร่วมในการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ



Figure 6 Project atmosphere showing the design of multi-level terraces to adapt to the natural tidal phenomenon.

วิจารณ์ผลการวิจัย

บทความนี้มีจุดเด่นในด้านการใช้วิธีการสำรวจภาคสนามและการสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการทำความเข้าใจวิถีชีวิตของชุมชนและความสัมพันธ์ของชุมชนกับพื้นที่ริมน้ำ การลงพื้นที่จริงทำให้สามารถเก็บข้อมูลที่มีรายละเอียดและเข้าใจบริบทของการใช้งานพื้นที่ได้อย่างครอบคลุม นอกจากนี้ การลงเรือเพื่อสำรวจระบบนิเวศทางน้ำยังเป็นวิธีที่ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการเชื่อมโยงทางน้ำกับชุมชนและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง การนำวิธีการเหล่านี้มาใช้ช่วยให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพและสะท้อนถึงสภาพความเป็นจริงในพื้นที่ได้อย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยไม่ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการศึกษาหรืออุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการเก็บข้อมูลอย่างชัดเจน เช่น ปัญหาด้านการเข้าถึงข้อมูลในบางพื้นที่ หรือความยากลำบากในการสัมภาษณ์บางกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความครอบคลุมและความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ นอกจากนี้ยังไม่มีกระบวนการระบุถึงวิธีการจัดการกับข้อมูลที่อาจไม่ครบถ้วนหรือคลาดเคลื่อน ทั้งนี้ การระบุข้อจำกัดเหล่านี้จะช่วยให้การวิจัยมีความโปร่งใสและทำให้ผู้อ่านเข้าใจบริบทและข้อจำกัดของการศึกษามากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้มุ่งเน้นการสำรวจและวิเคราะห์วิถีชีวิตของชุมชนเกาะเกร็ดที่มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ริมน้ำ โดยเฉพาะบริเวณที่มีการท่องเที่ยวเข้ามามีบทบาทอย่างมาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบพื้นที่ริมน้ำที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตของชุมชนและการท่องเที่ยว ตลอดจนการพัฒนาพื้นที่ดังกล่าวให้มีความยั่งยืนและสามารถใช้งานได้หลากหลาย

ตามบริบทของชุมชน ผลการวิจัยพบว่าพื้นที่ที่ริมน้ำเป็นส่วนสำคัญที่ชุมชนต้องการใช้งานมากขึ้น ไม่เพียงแต่เพื่อการท่องเที่ยวเท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นที่สำหรับการพบปะและทำกิจกรรมของชุมชนในชีวิตประจำวัน แนวคิดหลักที่เกิดขึ้นจากการศึกษานี้ คือ การสร้างท่าเรือชุมชนและการออกแบบระยะเบี่ยงที่เป็นพื้นที่ต่างระดับ การออกแบบนี้มีเป้าหมายในการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างชุมชนและแม่น้ำโดยตรง ท่าเรือชุมชนที่เสนอออกแบบนั้นคำนึงถึงการใช้งานที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งทำให้พื้นที่สามารถใช้งานได้ตลอดทั้งปี ไม่ว่าจะเป็นวันธรรมดาหรือวันหยุดสุดสัปดาห์

โดยในวันธรรมดาระเบียงจะทำหน้าที่เป็นพื้นที่สาธารณะที่ชาวบ้านสามารถใช้พบปะสังสรรค์และทำกิจกรรมร่วมกันได้ ในขณะที่ในวันหยุดสุดสัปดาห์ระยะเบี่ยงจะเปลี่ยนเป็นพื้นที่สำหรับรองรับนักท่องเที่ยวที่เข้ามาชมวิถีชีวิตของชุมชนและสัมผัสกับความเป็นเอกลักษณ์ของเกาะเกร็ด แนวคิดนี้จึงไม่เพียงแต่มุ่งเน้นการพัฒนาทางกายภาพเพื่อรองรับการท่องเที่ยวเท่านั้น แต่ยังคำนึงถึงความยั่งยืนของชุมชนและการใช้พื้นที่ที่ริมน้ำในชีวิตประจำวันของชาวบ้าน

การออกแบบและแนวทางที่นำเสนอในบทความนี้สามารถประยุกต์ใช้กับชุมชนริมน้ำอื่น ๆ ได้ โดยเฉพาะชุมชนที่ต้องการพัฒนาพื้นที่ที่ริมน้ำให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตท้องถิ่นและการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน แนวคิดการสร้างท่าเรือชุมชนและการใช้ระยะเบี่ยงต่างระดับที่ปรับตัวได้กับปรากฏการณ์ธรรมชาติน้ำขึ้นน้ำลง สามารถนำไปใช้เพื่อเชื่อมโยงชุมชนกับแม่น้ำลดผลกระทบต่อระบบนิเวศ และสร้างพื้นที่สาธารณะสำหรับการใช้งานในชีวิตประจำวันและกิจกรรมชุมชน การปรับใช้แนวทางนี้ยังสามารถช่วยเสริมสร้างเอกลักษณ์ของแต่ละชุมชน และส่งเสริมให้เกิดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่เคารพความหลากหลายของท้องถิ่น ทำให้ชุมชนริมน้ำอื่น ๆ มีความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และวิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยน่านาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KUIC) ร่วมกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่-เจียง ลีเวอร์พูล สำหรับการสนับสนุนทุนในการสำรวจเบื้องต้นจากโครงการความร่วมมือไทย-จีน ในโครงการประชุมเชิงปฏิบัติการ “น้ำแห่งชีวิต: การแทรกแซงทางสถาปัตยกรรมตามแนวคลองกรุงเทพตะวันตก” ต้นฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รหัสโครงการวิจัย FF(KU-SRIU)24.67 ในการพัฒนาหน่วยบ่มเพาะวิจัยพิเศษ: ห้องปฏิบัติการออกแบบในด้านการอาหาร มรดก และการท่องเที่ยว เพื่อการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน (deliGHT) หน่วยวิจัยชุมชนริมน้ำ (Riverfront Research Alliance)

เอกสารอ้างอิง

- Jansuri, A., N. Keawkunsi and N. Sirisaen. 2021. The guideline for promoting tourism following tourism elements of mon community in Koh Kret, Nonthaburi province. **Journal of Thithat Watthanatham** 20(2): 1-21. [Online]. Available <https://culture.bsru.ac.th/wp-content/uploads/2021/12/04-ที่ทัศน์-20-ฉ-ปี-64-แนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยว.pdf> (October 25, 2024). [in Thai]
- Phuangthong, A. 2006. **Cultural Tourism Management Guideline: Case Study in Koh Kret Community, Park Kred Sub-district, Nonthaburi Province**. Master Thesis. Krirk University. 153 p. [Online]. Available <http://tourismlibrary.tat.or.th/medias/KRIRK0114/03242015171052.pdf> (October 25, 2024). [in Thai]
- Senaprom, S. 2005. **Factors Affecting Thai Tourists' in Koh Kret, Nonthaburi Province**. Master Thesis. Srinakharinwirot University. 126 p. [Online]. Available http://tourismlibrary.tat.or.th/medias/SWU0102/SWU0102_fulltext.pdf (October 25, 2024). [in Thai]
- Yodsurang, P., H. Miki and Y. Uekita. 2015. A traditional waterfront community in the Chao Phraya river basin: classification and characteristics of a waterfront community complex. **Asian Culture and History** 8(1): 57-68. [Online]. Available <https://doi.org/10.5539/ach.v8n1p112> (October 25, 2024).
- Yodsurang, P. 2019. Threats affecting physical characteristics of the old waterfront communities in the Chao Phraya river basin. **Asian Creative Architecture, Art and Design** 28(1): 21-34. [in Thai]
- Yodsurang, P., A. Kiatthanawat, P. Sanoamuang, A. Kraseain and W. Pinijvarasin. 2022. Community-based tourism and heritage consumption in Thailand: an upside-down classification based on heritage consumption. **Cogent Social Sciences** 8(1): 1-20. [Online]. Available <https://doi.org/10.1080/23311886.2022.2096531> (October 25, 2024).

**การออกแบบพื้นที่เชื่อมโยงชุมชนริมน้ำและชุมชนใหม่:
กรณีศึกษาแนวทางการฟื้นฟูวิถีชีวิตริมคลองอ้อมนนท์ บริเวณวัดศรีราษฎร์ จังหวัดนนทบุรี**
**Designing the Connection Between Riverside and New Communities:
Case Study on Revitalizing the Way of Life Along Khlong Om Non
Wat Si Rat Area, Nonthaburi Province**

พิมพ์ลา ลักษณานุกุล มนจิรา เถนว่อง รณช ทรุยานนท์ และ ปฏิพล ยอดสุรางค์*

Pimlapa Lakananukul, Monjira Thenwong, Ranot Truyanont, and Patiphol Yodsurang*

ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Kasetsart University Bangkok Campus, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: patiphol.y@ku.th

Abstract

This article examines the integration of traditional riverside communities with newly developed urban areas along Khlong Om Non, focusing on the Wat Sri Rat area in Nonthaburi Province. This region, known for its historical and cultural heritage, faces challenges due to urban expansion and the emergence of housing estates, which have disrupted the physical and social fabric connecting old and new communities. Employing a qualitative methodology, this study utilizes site observations, in-depth interviews with local residents, business owners, and stakeholders, as well as spatial analysis to develop design strategies aimed at reconnecting these fragmented spaces. The research findings highlight the necessity of creating shared public spaces that foster social and physical connections while respecting and integrating the historical identity of the riverside communities into modern urban development. The proposed design interventions focus on three main areas: 1) revitalizing connections between the riverside and new communities, 2) developing inclusive public spaces that serve both old and new community members, and 3) restoring Khlong Om Non as a vibrant hub for community activities. These strategies are designed to promote collaborative community interaction and ensure the sustainable coexistence of heritage and contemporary urban life.

Keywords: community connection, revitalization, waterfront community, new community
Khlong Om Non

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการผสมผสานรวมชุมชนริมน้ำแบบดั้งเดิมกับพื้นที่เมืองใหม่ที่พัฒนาขึ้นตามคลองอ้อมนนท์ บริเวณวัดศรีราษฎร์ในจังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม แต่ประสบปัญหาจากการขยายตัวของเมืองและการเกิดขึ้นของโครงการบ้านจัดสรร ซึ่งได้ทำลายโครงสร้างทางสังคมและกายภาพระหว่างชุมชนเก่าและชุมชนใหม่ โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ การศึกษานี้ใช้การสังเกตการณ์ในพื้นที่ สัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้อยู่อาศัยในท้องถิ่น ผู้ประกอบการ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย รวมถึงการวิเคราะห์พื้นที่เพื่อพัฒนากลยุทธ์การออกแบบที่มุ่งเชื่อมโยงพื้นที่ที่ถูกแยกออกจากกัน ผลการวิจัยเน้นถึงความจำเป็นในการสร้างพื้นที่สาธารณะร่วมกันที่ไม่เพียงแต่ส่งเสริมการเชื่อมต่อทางสังคมและกายภาพเท่านั้น แต่ยังเคารพและผสมผสานเอกลักษณ์ประวัติศาสตร์ของชุมชนริมน้ำเข้ากับการพัฒนาเมืองสมัยใหม่ด้วย การแทรกแซงด้านการออกแบบที่เสนอประกอบด้วยสามด้านหลัก ได้แก่ 1) การฟื้นฟูความเชื่อมโยงระหว่างชุมชนริมน้ำและชุมชนใหม่ 2) การพัฒนาพื้นที่สาธารณะที่ใช้ร่วมกันเพื่อบริการสมาชิกของชุมชนเก่าและใหม่ และ 3) การฟื้นฟูคลองอ้อมนนท์ให้กลายเป็นศูนย์กลางกิจกรรมของชุมชน กลยุทธ์เหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันของชุมชนและรักษาวิถีชีวิตดั้งเดิมในพื้นที่ริมน้ำให้สามารถอยู่ร่วมกับการเติบโตของเมืองได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การเชื่อมต่อชุมชน การฟื้นฟู ชุมชนริมน้ำ ชุมชนใหม่ คลองอ้อมนนท์

คำนำ

ชุมชนริมคลองอ้อมนนท์เป็นพื้นที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ เป็นศูนย์กลางการค้าขาย และแหล่งเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรที่รู้จักกันในนาม “สวนในบางกอก” มาตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาและกรุงรัตนโกสินทร์ มีลักษณะการตั้งถิ่นฐานขนานไปตามลำคลองทั้งสองฝั่ง บ้านเป็นเรือนยกพื้นสูง ได้ทุนบ้านเป็นที่จอดเรือ มีท่อน้ำอยู่หน้าบ้าน ส่วนบริเวณด้านหลังบ้านมักแบ่งพื้นที่สำหรับทำสวน โดยปลูกพืชไว้หลายชนิด อาทิ ทุเรียน มังคุด ฯลฯ (Yodsurang *et al.*, 2022) อีกทั้งยังมีระบบไหลเวียนน้ำตามธรรมชาติที่สมบูรณ์ เหล่านี้สะท้อนถึงหลักการดำรงชีวิตตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency Economy Philosophy) ซึ่งเน้นการใช้ทรัพยากรในชุมชนอย่างยั่งยืนและพึ่งพาอาศัยกันในบริบทของสิ่งแวดล้อมแบบธรรมชาติ (Mongsawad, 2010) ลักษณะการดำรงชีวิตแบบพอเพียงและเรียบง่ายในสภาพแวดล้อมการอยู่อาศัยที่ดี โดยเหล่าสมาชิกในชุมชนมีการพึ่งพาอาศัยกันอย่างอบอุ่น (Saengthamtawee, 2016)

อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีการขยายตัวของชุมชนเมืองเข้ามาในพื้นที่ ซึ่งเป็นตัวอย่างของปรากฏการณ์ "Urban Sprawl" ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและวัฒนธรรมในพื้นที่ชนบท-เมือง (Antrop, 2004) การเปลี่ยนแปลงทางสัญจรหลักจากการสัญจรทางน้ำไปเป็นการสัญจรทางบก ส่งผลให้บ้านริมน้ำมีความสำคัญลดน้อยลง (Kiatthanawat and Yodsurang, 2024) จึงเป็นที่มาของบ้านที่ถูกทิ้งร้างและผุพังเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีการเข้ามาของหมู่บ้านจัดสรร ซึ่งส่งผลกระทบหลายด้าน คือ 1) น้ำในคลองเน่าเสียเนื่องจากการก่อสร้างและการปล่อยน้ำเสียลงแหล่งน้ำสาธารณะ 2) อาชีพของคนในพื้นที่หายไป จากเดิมที่สามารถจับสัตว์น้ำในคลองไปขายได้ แต่เนื่องจากน้ำเสียทำให้สัตว์น้ำลดลง ในการก่อสร้างหมู่บ้านจัดสรร การออกแบบพื้นที่เพื่อเชื่อมต่อชุมชนริมน้ำเดิมกับชุมชนใหม่จะต้อง

คำนึงถึงอัตลักษณ์ดั้งเดิมของชุมชน รวมถึงองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม เช่น ทำนน้ำ ศาลาริมน้ำ และพื้นที่สาธารณะ เพื่อสร้างความเชื่อมโยงและส่งเสริมการใช้งานร่วมกัน แนวคิด “Historic Urban Landscape” (UNESCO World Heritage Center, 2011) ซึ่งเน้นการอนุรักษ์วัฒนธรรมที่มีความเชื่อมโยงกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและเมืองสมัยใหม่ เป็นแนวทางที่สามารถใช้กับพื้นที่ที่ศึกษาได้ ดังนั้น การออกแบบพื้นที่ที่เน้น "การบูรณาการวัฒนธรรม" และ "การฟื้นฟูวิถีชีวิต" จึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยลดผลกระทบจากการพัฒนาเมือง (Jacobs, 1961) การศึกษานี้มุ่งหมายที่จะสร้างแนวทางการอนุรักษ์พื้นที่ร่วมสมัยที่ยังคงคุณค่าวิถีชีวิตและปรับตัวไปพร้อมกับการพัฒนาของเมือง ผ่านการออกแบบพื้นที่ระหว่างชุมชนริมแม่น้ำเดิมกับหมู่บ้านจัดสรร เพื่อสร้างความเชื่อมต่อที่สมดุลระหว่างชุมชนใหม่ ชุมชนริมน้ำ และคลองอ้อมนนท์

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ที่ใช้การสำรวจพื้นที่เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบและพัฒนาพื้นที่ระหว่างชุมชนริมคลองอ้อมนนท์และชุมชนใหม่ โดยการดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนดังนี้ 1) สืบค้นข้อมูลทุติยภูมิจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) การเก็บข้อมูลปฐมภูมิจากการลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์ โดยเก็บข้อมูลจากการสำรวจพื้นที่ที่เลือกศึกษา เพื่อให้เห็นถึงแนวทางการจัดการพื้นที่ระหว่างชุมชนริมคลองอ้อมนนท์และชุมชนใหม่ สำรวจและสังเกตการณ์โดยระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้งาน สำหรับการสัมภาษณ์ใช้กลุ่มตัวอย่างของผู้อยู่อาศัยในชุมชนผู้ประกอบการ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อวิถีชีวิตและการใช้พื้นที่ 3) วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อจำแนกประเด็นและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาพื้นที่ 4) นำเสนอแนวทางการออกแบบและพัฒนาพื้นที่ระหว่างชุมชนริมคลองอ้อมนนท์และชุมชนใหม่ (Figure 1) โดยใช้กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว กล้องบันทึกภาพนิ่ง แผนที่ อุปกรณ์ในการจดบันทึก การสังเกต การลงสำรวจ และสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูล การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อให้เห็นถึงแนวทางการจัดการพื้นที่ระหว่างชุมชนริมคลองอ้อมนนท์และชุมชนใหม่ เนื่องจากการขยายตัวของชุมชนเมือง ทำให้ชุมชนริมน้ำได้รับผลกระทบ พื้นที่ที่เลือกศึกษาคือพื้นที่รอยต่อระหว่างชุมชนเก่าและชุมชนใหม่ พื้นที่ดังกล่าวเป็นตัวอย่างพื้นที่ที่มีความหลากหลายของความสัมพันธ์ระหว่างรอยต่อ เช่น ชุมชนริมน้ำกับชุมชนใหม่ ชุมชนใหม่กับพื้นที่สาธารณะของชุมชน ชุมชนใหม่กับคลองอ้อมนนท์ เป็นต้น

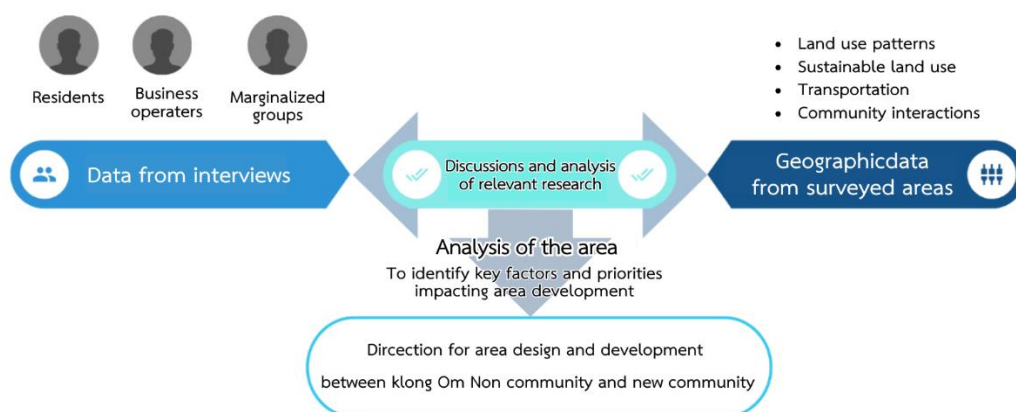


Figure 1 Research framework

ผลการวิจัย

ความสัมพันธ์ระหว่างรอยต่อ คือ การที่แต่ละชุมชนหรือพื้นที่ที่มีการติดต่อได้ตอบทั้งในด้านกายภาพและการใช้งาน สาธารณะ ซึ่งรวมถึงชุมชนริมน้ำกับชุมชนใหม่ ชุมชนใหม่กับพื้นที่สาธารณะของชุมชน และชุมชนใหม่กับคลองอ้อมนนท์ ความหลากหลายนี้สนับสนุนแนวความคิดการออกแบบที่ตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนและการใช้พื้นที่ร่วมกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่เป็นกึ่งสาธารณะหรือแหล่งทำกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งจากการสำรวจรอยต่อระหว่างชุมชนเก่าและชุมชนใหม่พื้นที่ริมคลองอ้อมนนท์ จังหวัดนนทบุรี บริเวณวัดศรีราชบุร (Figure 2) มีความหลากหลายของความสัมพันธ์ระหว่างรอยต่อมากที่สุด ได้แก่ ชุมชนริมน้ำกับชุมชนใหม่ ชุมชนใหม่กับพื้นที่สาธารณะของชุมชน ชุมชนใหม่กับคลองอ้อมนนท์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีบ้านเรือนริมน้ำดั้งเดิม โดยมีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ของชุมชนริมน้ำเดิมและชุมชนใหม่ที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวของเมืองและโครงการบ้านจัดสรร มีวัดสมัยอยุธยาหลายแห่งตลอดริมคลอง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมในพื้นที่ บริเวณพื้นที่ศึกษาที่ถูกระบุเป็นกลุ่มโครงการบ้านจัดสรรมีการพัฒนาใหม่ โดยพื้นที่เหล่านี้เป็นตัวแทนของการขยายตัวของเมืองที่เข้ามาทำให้เกิดการแบ่งแยกทางกายภาพระหว่างชุมชนริมน้ำและชุมชนใหม่ ด้วยกำแพงสูงที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อป้องกันน้ำท่วม ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการตัดขาดทางสังคมและระบบนิเวศ ปัญหาความเชื่อมโยงระหว่างชุมชนริมน้ำและชุมชนใหม่ การตัดขาดนี้ไม่เพียงแต่ทำให้การสัญจรระหว่างชุมชนริมน้ำและคลองอ้อมนนท์ยากขึ้น แต่ยังส่งผลต่อการใช้พื้นที่สาธารณะร่วมกัน เช่น ทำน้ำที่เคยเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างบ้านเรือนและคลอง เป็นต้น (Yodsurang, 2019) นอกจากนั้นชุมชนใหม่ที่เกิดจากการขยายตัวของเมืองและการพัฒนาที่อยู่อาศัยเชิงพาณิชย์มีลักษณะโครงสร้างและวิถีชีวิตที่แตกต่างจากชุมชนริมน้ำดั้งเดิม ในขณะที่ชุมชนริมน้ำมีวิถีชีวิตพึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติและสังคมที่ใกล้ชิดกัน ชุมชนใหม่กลับมีลักษณะเป็นสังคมที่มีความเป็นส่วนตัวสูงและไม่ได้มีความเชื่อมโยงกับการใช้คลองเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน การขาดความเชื่อมโยงทางวัฒนธรรมนี้ส่งผลต่อการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนทั้งสองและการใช้พื้นที่ร่วมกัน (Figure 3)

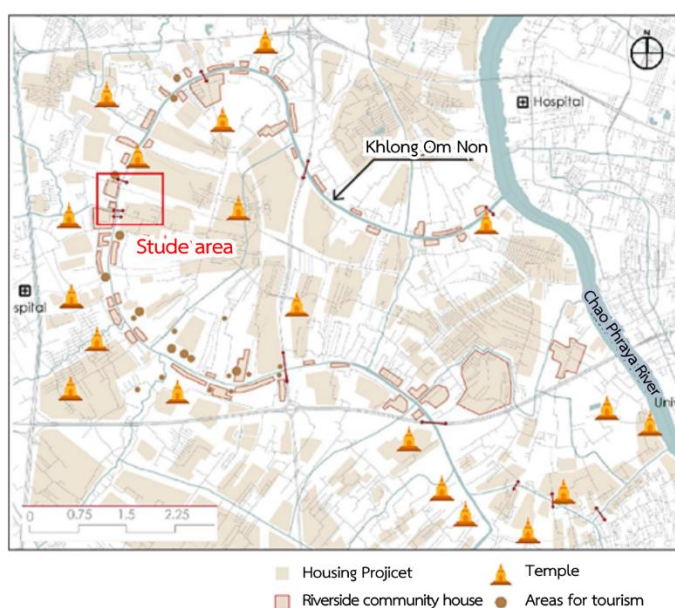


Figure 2 Location of the study area



Figure 3 Physical separation between riverside and new communities by constructed high walls

การออกแบบพื้นที่ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อฟื้นฟูและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างชุมชนริมน้ำเดิมและชุมชนใหม่ที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวของเมือง การออกแบบพื้นที่ดังกล่าวใช้แนวคิดที่มุ่งเน้นการเชื่อมต่อทางกายภาพและการใช้งานพื้นที่ร่วมกัน โดยคำนึงถึงวิถีชีวิตและอัตลักษณ์ดั้งเดิมของชุมชนริมน้ำ ทั้งยังพยายามบูรณาการองค์ประกอบของสถาปัตยกรรมท้องถิ่นเข้ากับการพัฒนาพื้นที่สมัยใหม่เพื่อสร้างความสมดุลระหว่างการอนุรักษ์และการพัฒนาเมือง

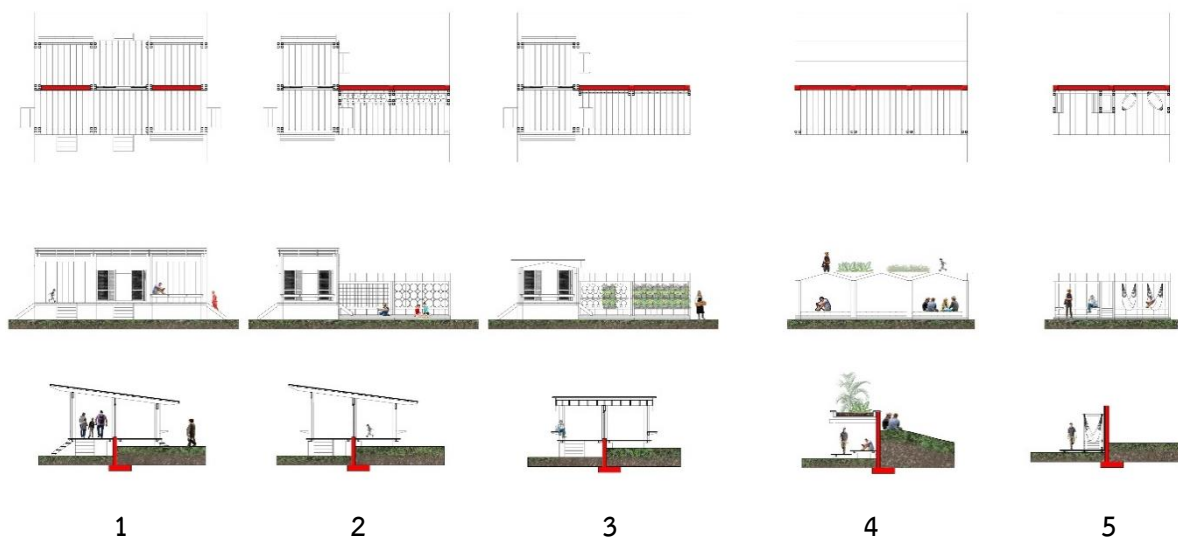


Figure 4 Design concepts for series of sectional shared spaces in various forms, considering the traditional lifestyle and identity of riverside communities (from left to right: 1. Project entrance, 2-3. Housing estate relaxation area, and 4-5. Activity area for residents and visitors).

แนวคิดการออกแบบพื้นที่ร่วมกัน (Figure 4) เป็นหนึ่งในแนวคิดหลักของการออกแบบ คือ การทำให้พื้นที่หลังบ้านของโครงการบ้านจัดสรรใหม่ที่เดิมเป็นพื้นที่ส่วนตัว กลายเป็นพื้นที่สาธารณะให้กับคนในชุมชนสามารถใช้งานร่วมกันได้ แนวทางนี้ช่วยลดความแยกขาดทางกายภาพที่เกิดจากกำแพงและถนน ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างชุมชนเก่าและใหม่ได้อย่างเป็นธรรมชาติ การออกแบบนี้ยังพยายามนำองค์ประกอบสถาปัตยกรรมของบ้านเรือนริมน้ำ เช่น ทาน้ำ ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ของการสัญจรทางน้ำในอดีต ศาลาริมน้ำ ที่ใช้สำหรับพักผ่อนและทำกิจกรรมทางสังคมและพื้นที่ทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่สะท้อนถึงวิถีชีวิตดั้งเดิมของชุมชนริมคลองมาปรับใช้ในการออกแบบพื้นที่ร่วมกันระหว่างชุมชน แต่ต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้และข้อจำกัดจากแนวคิดของชุมชนล้อมรั้ว (Gated community) ที่มีการจัดการเข้าถึงและความเป็นส่วนตัวสูง นอกจากนี้การออกแบบพื้นที่เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว โดยใช้พื้นที่สาธารณะที่สามารถเข้าถึงได้จากทั้งชุมชนริมน้ำและชุมชนใหม่ สถานที่ที่สำคัญเช่น วัด และ แหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม ถูกนำมาบูรณาการในพื้นที่ เพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมระหว่างชุมชนเดิมและใหม่ ส่งผลให้การท่องเที่ยวในพื้นที่นี้สามารถสะท้อนถึงอัตลักษณ์และวิถีชีวิตดั้งเดิมของชุมชนริมคลองไปพร้อมกับการพัฒนาเมืองใหม่ ซึ่งการออกแบบพื้นที่ที่มีความหลากหลาย โดยจัดเป็น 3 ประเภทซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของชุมชนและความต้องการในการเปลี่ยนแปลงพื้นที่มากนักน้อยเพียงใด เพื่อให้พื้นที่นี้สามารถปรับตัวได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานจริง

กรณีศึกษาที่ 1: ชุมชนใหม่กับพื้นที่สาธารณะของชุมชน

การออกแบบในกรณีนี้ใช้แนวทางการออกแบบพื้นที่สาธารณะในแนวกำแพงระหว่างชุมชนใหม่และชุมชนริมน้ำ การนำกิจกรรมของคนในชุมชนและองค์ประกอบของบ้านริมน้ำมาปรับใช้ เช่น การทำพื้นที่นั่งเล่นร่วมกัน หรือ พื้นที่ปลูกผักชุมชน ซึ่งทำให้พื้นที่หลังบ้านของโครงการบ้านจัดสรรกลายเป็นพื้นที่ที่ชุมชนทั้งสองฝั่งสามารถใช้ร่วมกันได้ โดยให้ความสำคัญกับแหล่งท่องเที่ยววัฒนธรรมและสถาปัตยกรรมที่อยู่ในรอยต่อระหว่างชุมชน ซึ่งรวมถึงการนำวัดและอนุสาวรีย์ต่าง ๆ เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบพื้นที่ร่วมกัน

กรณีศึกษาที่ 2: ชุมชนใหม่กับพื้นที่สัญจรของชุมชน

หนึ่งในปัญหาสำคัญ คือ การปิดกั้นพื้นที่การสัญจรทางน้ำที่เคยเป็น "หน้าบ้าน" ของชุมชนริมน้ำด้วยกำแพงของหมู่บ้านจัดสรร ทำให้การสัญจรทางน้ำและการเชื่อมต่อระหว่างบ้านเรือนลดลง และมีการนำเสนอแนวคิดที่เชื่อมโยงกับสถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมรอบ ๆ พื้นที่ที่มีการสัญจร การออกแบบที่นำเสนอจึงเน้นการฟื้นฟูพื้นที่สัญจรและสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมการใช้งานพื้นที่ร่วมกัน การนำองค์ประกอบเช่น Varanda และ Pavilion ของบ้านริมน้ำมาใช้ในแนวกำแพง เพื่อสร้างความเป็นมิตรและสร้างพื้นที่สาธารณะที่เชื่อมโยงกับการใช้ชีวิตของคนในชุมชนริมน้ำเดิมมากขึ้น การออกแบบนี้พยายามทำให้แนวกำแพงกลายเป็น "หน้าบ้าน" ที่ชุมชนใหม่และเก่าสามารถใช้งานร่วมกันได้อีกครั้ง

กรณีศึกษาที่ 3: ชุมชนใหม่กับบ้านริมน้ำ

ด้วยข้อจำกัดของพื้นที่ที่บ้านเรือนติดกัน การเชื่อมโยงกับสถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและสถาปัตยกรรมในบริเวณนี้ถูกนำเข้ามาในการออกแบบ ในกรณีนี้เน้นที่การคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวของผู้อยู่อาศัยในบ้านริมน้ำ การออกแบบพื้นที่ยื่นเข้าไปในน้ำจะมีความกว้างยาวที่ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นการนำอัตลักษณ์ดั้งเดิมของบ้านเรือนริมน้ำมาใช้ในการออกแบบ การออกแบบนี้ยังพยายามสร้างพื้นที่ที่สามารถเชื่อมต่อกันทางสายตา และมีพื้นที่สำหรับทำกิจกรรม

ร่วมกัน เช่น พื้นที่ปลูกผักและนั่งเล่นริมน้ำ ศาลาริมน้ำ บ่อสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำ สระว่ายน้ำ และพื้นที่สีเขียว ซึ่งช่วยส่งเสริมการใช้ชีวิตร่วมกันระหว่างคนในชุมชนทั้งเก่าและใหม่ได้

วิจารณ์ผลการวิจัย

การนำเสนอแนวทางการออกแบบพื้นที่เพื่อเชื่อมโยงระหว่างชุมชนริมน้ำดั้งเดิมกับชุมชนใหม่ที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวของเมือง มีเป้าหมายที่จะฟื้นฟูความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างชุมชนทั้งสอง และสร้างความเชื่อมโยงทางสังคมผ่านการออกแบบพื้นที่สาธารณะร่วมกัน พร้อมกับรักษาวิถีชีวิตดั้งเดิมและเพิ่มพื้นที่สาธารณะที่ใช้ร่วมกัน อย่างไรก็ตาม แม้การออกแบบพื้นที่จะมีความหลากหลายและสร้างสรรค์ การออกแบบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) การฟื้นฟูความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนริมน้ำและชุมชนใหม่ 2) การสร้างพื้นที่สาธารณะร่วมกันระหว่างชุมชนใหม่และชุมชนเก่า 3) การฟื้นฟูบทบาทของคลองอ้อมนนท์เป็นแหล่งทำกิจกรรมสาธารณะ แต่สิ่งที่ขาดหายไป คือ การวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับการใช้งานพื้นที่ในระยะยาวของคนในชุมชน วิถีชีวิตและพฤติกรรมของผู้คนในชุมชนอาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป หากการออกแบบไม่คำนึงถึงปัจจัยนี้ อาจส่งผลให้พื้นที่ที่ถูกออกแบบไว้ไม่สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพตามที่คาดหวัง การศึกษาพฤติกรรมการใช้งานพื้นที่อย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งสำคัญในการทำให้การออกแบบสามารถตอบโจทย์ความต้องการของชุมชนได้อย่างยั่งยืน นอกจากนี้ ผลกระทบต่อระบบนิเวศยังเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่ควรให้ความสำคัญ การออกแบบพื้นที่ยื่นเข้าไปในน้ำ เช่น ศาลาริมน้ำ หรือพื้นที่ปลูกผักริมคลอง แม้จะสะท้อนถึงอัตลักษณ์ของชุมชนริมน้ำ แต่ก็อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศที่อ่อนไหว เช่น การไหลเวียนของน้ำและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ หากการออกแบบไม่คำนึงถึงความสมดุลของธรรมชาติ อาจทำให้ระบบนิเวศเสื่อมโทรมลง การวางแผนออกแบบจึงควรครอบคลุมถึงการคุ้มครองและฟื้นฟูระบบนิเวศให้สามารถอยู่ร่วมกับชุมชนได้

อีกหนึ่งประเด็นที่น่าสนใจ คือ การสร้างความร่วมมือระหว่างชุมชนริมน้ำดั้งเดิมและชุมชนใหม่ การออกแบบพื้นที่ที่ใช้ร่วมกันนั้น จำเป็นต้องมีการสร้างความรู้สึกร่วมกันของการเป็นเจ้าของพื้นที่ร่วมกัน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความสามัคคีและความร่วมมือ การออกแบบพื้นที่เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ หากไม่มีการส่งเสริมกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างชุมชนสองฝั่งที่มีวิถีชีวิตและวัฒนธรรมที่แตกต่าง การสร้างกิจกรรมร่วมกันหรือการเปิดโอกาสให้ชุมชนใหม่เข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมของชุมชนริมน้ำ จะเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้การออกแบบพื้นที่สาธารณะสามารถใช้งานได้จริง ดังนั้น แม้งานวิจัยนี้จะนำเสนอแนวทางในการออกแบบพื้นที่ระหว่างชุมชนริมน้ำและชุมชนใหม่ แต่ก็ยังมีความจำเป็นที่จะต้องมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมในด้านการใช้งานระยะยาว ผลกระทบต่อระบบนิเวศ และการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างชุมชน เพื่อให้การออกแบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนได้อย่างสมบูรณ์และยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้วิเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสัมภาษณ์เชิงลึกกับคนในพื้นที่ เพื่อทำความเข้าใจถึงวิถีชีวิตของชุมชนริมคลองอ้อมนนท์และผลกระทบจากการขยายตัวของเมือง ผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ของรอยต่อระหว่างชุมชนริมคลองดั้งเดิมและชุมชนใหม่สามารถแบ่งออกเป็นสามส่วนสำคัญ แนวทางการ

ออกแบบพื้นที่ในทั้งสามกระบวนการนี้เน้นการสร้างเชื่อมโยงที่แข็งแกร่งระหว่างชุมชนใหม่และชุมชนดั้งเดิม โดยคำนึงถึงทั้งการใช้งานพื้นที่ทางกายภาพและการอนุรักษ์วิถีชีวิตดั้งเดิมของชุมชนริมคลองอ้อมนนท์ ได้แก่

- 1) ความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนริมน้ำกับชุมชนใหม่ เป็นการเชื่อมต่อระหว่างชุมชนริมน้ำดั้งเดิมกับชุมชนใหม่ถูกทำลายไปบางส่วน เนื่องจากการพัฒนาของชุมชนใหม่ที่มีการสร้างกำแพงและถมดินสูง แนวทางการออกแบบที่แนะนำ คือ การฟื้นฟูความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนสองฝั่งด้วยการสร้างพื้นที่สาธารณะในบริเวณที่เคยเป็นพื้นที่หลังบ้านของโครงการบ้านจัดสรร เช่น การสร้างพื้นที่สวนสาธารณะหรือทางเดินที่เชื่อมโยงชุมชนทั้งสองเข้าหากัน โดยการออกแบบควรเน้นการเชื่อมโยงทางกายภาพและการสร้างกิจกรรมร่วมกัน เพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทั้งสองชุมชน
- 2) ความเชื่อมโยงระหว่างชุมชนใหม่กับพื้นที่สาธารณะของชุมชน โดยพื้นที่สาธารณะในชุมชนใหม่และชุมชนเก่ามีบทบาทสำคัญในการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างคนในพื้นที่ การออกแบบในส่วนนี้แนะนำให้ใช้การผสมผสานระหว่างองค์ประกอบของอาคารริมน้ำ เช่น ศาลาริมน้ำ หรือพื้นที่พักผ่อนริมน้ำ มาปรับใช้ในพื้นที่สาธารณะของชุมชนใหม่ การออกแบบพื้นที่ต้องคำนึงถึงการสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการทำกิจกรรมร่วมกันและสะท้อนถึงวัฒนธรรมดั้งเดิมของชุมชนริมคลอง เพื่อให้พื้นที่สาธารณะเป็นสถานที่ที่ทั้งสองชุมชนสามารถใช้ประโยชน์ร่วมกันได้
- 3) ความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนใหม่กับคลองอ้อมนนท์ โดยคลองอ้อมนนท์เคยมีบทบาทสำคัญในวิถีชีวิตของคนในชุมชนริมน้ำ แต่การพัฒนาและขยายตัวของชุมชนใหม่ทำให้คลองมีความสำคัญลดลง แนวทางการออกแบบที่เสนอ คือ การฟื้นฟูบทบาทของคลองในฐานะพื้นที่สำหรับกิจกรรมสาธารณะ โดยการออกแบบพื้นที่ริมน้ำที่มีการปลูกผัก การทำสวน หรือการสร้างพื้นที่พักผ่อนริมน้ำ เช่น ทางเดินไม้หรือสะพานที่เชื่อมต่อระหว่างบ้านเรือนกับคลอง นอกจากนี้ควรมีการจัดการน้ำที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพของน้ำในคลองให้สามารถใช้เป็นแหล่งธรรมชาติและการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ รหัสโครงการวิจัย FF(KU-SRIU)24.67 ในการพัฒนาหน่วยบ่มเพาะวิจัยพิเศษ: ห้องปฏิบัติการออกแบบในด้านการอาหาร มรดก และการท่องเที่ยว เพื่อการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน (deliGHT)

เอกสารอ้างอิง

- Antrop, M. 2004. Landscape change and the urbanization process in Europe. **Landscape and Urban Planning** 67(1-4): 9-26.
- Jacobs, J. 1961. **The Death and Life of Great American Cities**. New York: Random House. 448 p.
- Kiatthanawat, A. and P. Yodsurang. 2024. The study of the built environment potential for cultural tourism development around Bang Phrom canal, Taling Chan and Thawi Watthana districts, Bangkok. **Journal of Liberal Arts, Maejo University** 12(1): 110-134. [in Thai]

- Mongsawad, P. 2010. The philosophy of the sufficiency economy: a contribution to the theory of development. **Asia Pacific Development Journal** 17(1): 123.
- Saengthamtawee, K. 2016. **Effects of New Road Networks on Physical Changes: A Case of Canal-Side Community along Klong-Om-Non, Nonthaburi.** Master Thesis. Silpakorn University. 143 p. [in Thai]
- UNESCO World Heritage Center. 2011. Recommendation on the Historic Urban Landscape. pp. 50-55. *In Proceedings of the Records of the General Conference 36th Session.* Paris: UNESCO.
- Yodsurang, P. 2019. Threats affecting physical characteristics of the old waterfront communities in the Chao Phraya river basin. **Asian Creative Architecture, Art and Design** 28(1): 21-34.
- Yodsurang, P., A. Kiatthanawat, P. Sanoamuang, A. Kraseain and W. Pinijvarasin. 2022. Community-based tourism and heritage consumption in Thailand: an upside-down classification based on heritage consumption. **Cogent Social Sciences** 8(1): 1-20.

นวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 Social Innovation Process – Loss is Profit in the COVID-19 Pandemic Situation

สมฤดี วงษ์วิริยะกุล¹ ภาณุตย์ นาขยัน^{1*} สมคิด แก้วทิพย์² ปรมินทร์ นาระทะ¹

Somridee Wongviriyakul¹, Phanit Nakayan^{1*}, Somkid Kaewtip² and Porramin Narata¹

¹สาขาการพัฒนากฎมัยสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²วิทยาลัยบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Geosocial Based Sustainable Development Programme, Faculty of Agricultural Production,
Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²School of Administrative Studies, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: phanit@mju.ac.th

Abstract

This study aimed to explore: 1) the contextual basis and 2) the social innovation process "Loss is Profit" in the COVID-19 pandemic situation at the Phu Pha Fah Nam community, Chiang Mai province. The pandemic situation had global impacts and caused the emergence of a major economic recession. This was a dual crisis between public health and Thailand's economy. Data were collected through in-depth interviews, observation, and focus group discussions, and their validity was checked by triangulation.

Findings showed that 1) the contextual basis could be classified into three periods: (1) Asoke, (2) Buddhist Medicine Foundation, and (3) Phu Pha Fah Nam community, 2) The social innovation process consisted of four steps: (1) sufficiency economy management, (2) human resource development, (3) community development, and (4) social innovation driving network "Loss is Profit" in the COVID-19 pandemic situation.

Keywords: social Innovation, loss is profit, COVID-19 pandemic situation
sufficiency economy management

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) บริบทและฐานคิดนวัตกรรมสังคม ขาดทุน คือ กำไร และ 2) กระบวนการนวัตกรรมสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ชุมชนภูผาฟานน้ำ เชียงใหม่ ด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาด COVID-19 ที่ส่งผลกระทบไปทั่วโลกและเศรษฐกิจเข้าสู่ภาวะถดถอยอย่างมีนัยสำคัญ เป็นวิกฤตคู่ขนาน

ระหว่างวิกฤตด้านสาธารณสุขกับวิกฤตด้านเศรษฐกิจ ประเทศไทยได้รับผลกระทบโดยตรงต่อระบบโครงสร้างเศรษฐกิจฐานรากไม่สามารถพึ่งตนเองได้ วิธีการวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) การศึกษาจากสภาพที่เป็นอยู่ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) การสังเกตการณ์ (Observation Research) และการสนทนากลุ่ม (Focus group) ตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อมูลใช้วิธีตรวจสอบแบบสามเส้า

ผลการศึกษาพบว่านวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ของชุมชนภูผาฟ้า น้ำ เชียงใหม่ ประกอบด้วย 1) บริบทและฐานคิดนวัตกรรมสังคม ขาดทุน คือ กำไร มีการวิวัฒน์แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้ (1) โอโศก (2) แพทย์วิถีธรรม (3) ชุมชนภูผาฟ้า น้ำ 2) กระบวนการนวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 มีองค์ประกอบ 4 ประการ ดังนี้ (1) การบริหารแบบเศรษฐกิจพอเพียง (2) การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ (3) การพัฒนาชุมชน (4) เครือข่ายขับเคลื่อนนวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19

คำสำคัญ: นวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19
การบริหารแบบเศรษฐกิจพอเพียง

คำนำ

วิกฤตการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Covid-19) ที่มีการแพร่ระบาดไปทั่วโลกส่งผลให้เศรษฐกิจเข้าสู่ภาวะถดถอยอย่างมีนัยสำคัญ (Nuntapanich, 2021) ความเสียหายเปรียบเทียบกับมหาวิกฤต (The Great Depression) ที่มีวิกฤตการณ์ภาวะเศรษฐกิจตกต่ำทั่วโลก หลังสงครามโลกครั้งที่ 1 ส่วนด้านสาธารณสุขเปรียบเทียบกับภาวะระบาดของไข้หวัดสเปน มหาวิกฤตในครั้งนี้ คือ วิกฤตคู่ขนานระหว่างสาธารณสุขและเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ภาครัฐต้องอาศัย พระราชกำหนดกู้เงินจำนวน 1 ล้านล้านบาท เพื่อฟื้นฟูเศรษฐกิจและสังคมไทย ในรอบเพียง 25 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยต้องเผชิญกับภาวะวิกฤตในหลายรูปแบบ กล่าวคือ พ.ศ. 2540 วิกฤตต้มยำกุ้ง พ.ศ.2551 วิกฤตแฮมเบอร์เกอร์ไครซิส และ พ.ศ. 2563 วิกฤต COVID-19 พบว่าโดยเฉลี่ยทุก 10 ปี ส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบโครงสร้างทางเศรษฐกิจจะดับฐานรากที่ไม่สามารถพึ่งตนเองได้ ประชากรทุกกลุ่มอาชีพต้องปรับตัวเพื่อลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ประกอบกับรายได้ที่ลดลง แรงงานจากชนบทต้องกลับสู่บ้านเกิด กลุ่มคนทำงานประจำต้องงดการเดินทางและการพบปะแบบเผชิญหน้า ชุมชนภูผาฟ้า น้ำ ในภาวะปกติไม่มีสมาชิกใดในชุมชนจะต้องเคลื่อนย้ายไปทำงานในภาคอุตสาหกรรม ชุมชนรอบนอกต้องเผชิญกับโรคระบาด ความขาดแคลนอาหาร ท่ามกลางความหวุ่นวิตกของวิกฤตครั้งนี้ แต่กลับพบว่าชุมชนภูผาฟ้า น้ำ ไม่ประสบกับภาวะดังกล่าว การศึกษาวิจัยครั้งนี้มุ่งต้องการศึกษาวิถีชีวิต ภูมิปัญญา ข้อค้นพบใหม่ เพื่อทราบถึงเหตุปัจจัยที่สำคัญเป็นแนวทางในการนำไปใช้เพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมในการดำเนินชีวิตภายใต้สถานการณ์ภาวะวิกฤตในปัจจุบัน จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาบริบทและฐานคิดนวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร และกระบวนการนวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19

วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยโดยการวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เนื้อหา (Content analysis) การศึกษาจากสภาพที่เป็นอยู่ ผู้ให้ข้อมูล แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผู้นำชุมชนและตัวแทนเครือข่ายภายในประเทศและต่างประเทศ จำนวน 10 คน วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) โดยการสนทนากลุ่ม (Focus group) 2) ผู้ให้ข้อมูลที่เป็นจิตอาสาตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป ใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) จนถึงจุดข้อมูลอิ่มตัวพบว่ามีความถี่ขึ้น 40 คน และการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม (Participant observation) การสังเกตปรากฏการณ์ (Phenomena) และการสนทนากลุ่ม (Focus group) ประเด็นการวิเคราะห์ตรวจสอบข้อมูล เปรียบเทียบข้อมูลจากการเก็บรวบรวม สำหรับการวิเคราะห์เครื่องมือในการเข้าถึง ความหมาย ความคิด และนัยยะที่สำคัญ ปรากฏการณ์หรือแบบแผนความสัมพันธ์ ความเที่ยงตรงข้อมูลใช้วิธีตรวจสอบแบบสามเส้า

ผลการวิจัย

บริบทและฐานคิดนวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร มีวิวัฒนาการ 3 ระยะที่สำคัญ ได้แก่

วิวัฒนาการที่ 1 โศก พ.ศ. 2514 - 2566 สมณะโพธิรักษ์ด้วยวัตรปฏิบัติที่สัจรวมเคร่งครัด มีศีลและทฤษฎีที่แตกต่างจากพุทธกระแสหลัก พบว่ามีผู้ให้ความสนใจเข้าร่วมศึกษาเป็นจำนวนมาก อันเกิดจากเห็นความเสื่อมถอยทางศีลธรรม วัฒนธรรม อาศัยความเชื่อและความศรัทธาเป็นเครื่องมือในการแสวงหาผลประโยชน์ ก่อตั้งชุมชนชาวโศก ริเริ่มบัญญัติคำว่า “บุญนิยม” โดยมีระบบเศรษฐกิจพอเพียงและการพึ่งตนเองในทุกด้านเป็นไปตามคำสอนของพุทธศาสนาที่เกิดจากการตีความและปฏิบัติตามแนวทางโศกให้ความสำคัญกับการทำ “บุญ” การลดกิเลสความต้องการที่มากเกินไป ความจำเป็นในสิ่งที่จำเป็นโทษเป็นหลักการสำคัญ และการบำเพ็ญ “กุศล” เสียสละและแบ่งปันในการทำประโยชน์ช่วยเหลือผู้อื่น “ขาดทุน” ไม่แสวงหาผล “กำไร”

วิวัฒนาการที่ 2 แพทย์วิถีธรรม พ.ศ. 2535 - 2567 หมอเขียว ใจเพชร กล้าจน นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ หุ่นโหม่งอย่างสุดความสามารถเพื่อการดูแลแก้ไขปัญหาสุขภาพของประชาชน กลับพบว่า “ระบบสุขภาพแผนปัจจุบัน” มีประสิทธิภาพในการบรรเทาเพียง 30% ในด้านฉุกเฉิน ส่วนใหญ่กว่า 70% ในกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เบาหวาน ความดัน ไขมัน มะเร็ง โดยการรักษามีโรคแทรกซ้อนเพิ่มขึ้น และส่วนใหญ่บุคลากรทางการแพทย์ก็ป่วย คนไข้ล้นโรงพยาบาล ในปี พ.ศ. 2539 ได้พบสมณะโพธิรักษ์และชาวโศก ได้ฟังธรรมคำสอนจากพระไตรปิฎกทำให้ค้นพบว่า “สิ่งที่พระพุทเจ้าได้ตรัสไว้ครบบริบูรณ์ในการแก้ทุกปัญหาของชีวิต” พากเพียรศึกษาและลงมือปฏิบัติตาม ก่อให้เกิด “หลักการแพทย์วิถีธรรม” วิธีการนี้สามารถบูรณาการร่วมกับการดูแลสุขภาพทุกแผนในการ “ลดปัญหาสุขภาพที่ต้นเหตุ” ด้วยหลักคิด “หมอที่ดีที่สุด คือ ตัวเราเอง” จัดค่ายสุขภาพพึ่งตนตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง “ศูนย์บำบัดรักษาทุกโรค” โดยไม่รับผลตอบแทน มีผู้เข้ารับการอบรมกว่า 300,000 คน และในปี พ.ศ. 2561 สมณะโพธิรักษ์ ได้ส่งมอบชุมชนภูผาพำน้ำให้กับหมอเขียว ใจเพชร กล้าจน และเครือข่ายจิตอาสาแพทย์วิถีธรรม ในการสืบสานพุทธศาสนาและปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

วิวัฒนาการที่ 3 ชุมชนภูผาพำน้ำ ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563-2565 ด้วยมาตรการป้องกันการแพร่ระบาด COVID-19 โดยให้ความร่วมมือกับภาครัฐ สมณะโพธิรักษ์มีมาตรการ “คนใน

ห้ามออก คนนอกห้ามเข้า” ชุมชนภูผาฟ้าน้ำเลื้อนการจัดค่ายแพทย์วิถีธรรม เน้นเผยแพร่ทางสื่อออนไลน์ ยกเว้นในกรณี
หน่วยงานสาธารณสุขขอประสานความร่วมมือ

กระบวนการนวัตกรรมสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ประกอบด้วย 4 ประเด็น
(Figure 1) ดังนี้

การบริหารแบบเศรษฐกิจพอเพียง

หมอเขียว ใจเพชร กล้าจน ได้กล่าวว่า “หัวใจสำคัญที่จะบริหารแบบเศรษฐกิจพอเพียงได้ คือ **“การพึ่งตนและช่วยเหลือผู้อื่น”** การดำรงชีวิตโดยใช้ **ปัจจัย 4** อาหาร ยารักษาโรค เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยที่ **ประหยัด เรียบง่าย ประโยชน์สูงสุด** เป็นหลักของชีวิต โดยการถอดรหัสจากคำตรัสของพระพุทธเจ้าในพระไตรปิฎก เล่มที่ 25 ข้อ 281 **“จิตตาริสูตร”** “...ดูกรภิกษุทั้งหลาย เรากล่าวธรรมของภิกษุ (ผู้ปฏิบัติเพื่อการพ้นทุกข์) ซึ่งเป็นผู้สันโดษ (ยินดีในความเล็กน้อย) อยู่เสมอด้วยปัจจัย (สิ่งจำเป็นในการยังชีพ) ที่น้อย หาได้ง่ายและไม่มีโทษว่าเป็นองค์แห่งความเป็นสมณะ (ผู้สงบจากทุกข์) คือ การแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมี **วัฒนธรรมชุมชน** 1) การถือศีล 5 2) ละอบายมุข 3) ทานอาหารมังสวิรัต 4) ทำงานฟรี 5) รับฟังมติหมู่กลุ่ม ในการอยู่ร่วมกัน

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์

หลักการสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานเพื่อกำจัดโควิด-19 ตามหลักการแพทย์วิถีธรรม ดังคำตรัสของพระพุทธเจ้าในพระไตรปิฎกเล่มที่ 11 ข้อ 293 **“สังคิติสูตร”** การปรับสมดุลร้อน – เย็น เป็น **“พลังสร้างผล”** ให้มีโรคน้อยมีทุกข์น้อย ร่างกายแข็งแรง มีปัจจัยหลัก 2 ประการ ดังนี้

1) การปรับสมดุลทางกาย ตัวชี้วัดของการมีสุขภาพที่ดี ดังคำตรัสของพระพุทธเจ้าในพระไตรปิฎกเล่มที่ 12 ข้อ 265 **“กกจูปมสูตร”** ประกอบด้วย (1) ความเจ็บป่วยน้อย (2) ลำบากกายน้อย (3) เบากาย (4) มีกำลัง (5) เป็นอยู่ผาสุก ประกอบด้วย (1) การรับประทานสมุนไพรปรับสมดุล (2) การสูดดม อบอาบ เช็ด ด้วยสมุนไพรที่ถูกต้อง (3) การออกกำลังกาย กัดจุดลมปราณ (4) การรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ (5) การสวนล้างพิษออกจากลำไส้ (6) การพอกทา หยอด ประคบ อบ อาบ สูดดม

2) การปรับสมดุลทางใจ การปฏิบัติอริยศีล การละบาป บำเพ็ญกุศล ทำจิตใจให้ผ่องใสด้วยการปฏิบัติ **“มรรคมีองค์ 8”** คือ ศีล สมาธิ ปัญญา ในวิถีชีวิตประจำวัน **“การพัฒนาจิตใจ”** ด้วยการทำ **“บุญ”** การลดกิเลสความต้องการที่มากเกินไปจนเป็นโทษ และการบำเพ็ญ **“กุศล”** เสียสละและแบ่งปันในการทำประโยชน์ช่วยเหลือผู้อื่น

ผู้วิจัยพบว่าผู้เข้าอบรมและปฏิบัติตามเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ 4 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านร่างกายแข็งแรงขึ้น 2) ด้านจิตใจ ดีงามเป็นสุขเพิ่มขึ้น 3) ประหยัด เรียบง่าย 4) พึ่งตนและช่วยเหลือผู้อื่นได้ และเป็นเหตุปัจจัยสนับสนุนให้เกิดความศรัทธา 4 ประการ ดังนี้ 1) เชื่อในปัญญาตรัสรู้ของพระพุทธเจ้า 2) เกิดความศรัทธาต่อผู้นำและหมู่กลุ่ม 3) เกิดความยินดีพอใจใฝ่เรียนรู้ 4) เชื่อมั่นว่าวิบากกรรมมีจริง โดยมีความสอดคล้องกับ Surasai (2020) นำเสนอว่าเป็นเทคนิคการปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพในภาวะปกติหรือเจ็บป่วยและการป้องกันโรค

การพัฒนาชุมชน มุ่งเน้นการอยู่ร่วมกันและการทำกิจกรรมการทำงานเป็นหมู่คณะ มีปัจจัยหลัก 4 ประการ ดังนี้

1) การทำกิจกรรมไร่สารพิษ การบูรณาการหลักธรรมมะและการพึ่งตนเอง 2 ด้าน ดังนี้

(1) ด้านการผลิต คือ การสร้างอาหารที่ปลอดภัยเป็นความมั่นคงของการมีสุขภาพที่ดี ปัจจัยการผลิตใช้แรงงานคนและทรัพยากรในท้องถิ่นเป็นหลัก โดยคำนึงถึงระบบนิเวศและการไม่เบียดเบียนตนเองและสัตว์อื่น การปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตด้วยพืชผัก ปุ๋ยหมัก น้ำหมัก โดยใช้เศษอาหารที่เหลือจากการบริโภค กิ่งไม้ใบไม้มาทำปุ๋ย ปลูกพืชผสมผสาน มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูก “นาแปลงเล็ก” และการทำ “โคก หนอง นา” มีอาหารครบในจุดเดียว

(2) ด้านการบริโภค ชาวชุมชนภูผาฟ้าน้ำ**รับประทานอาหารมังสวิรัต** งดเว้นการบริโภคเนื้อสัตว์เป็นการปฏิบัติศีลให้บริบูรณ์เพื่อให้เกิด “จิตเจริญเมตตา” เน้นการผลิตและการบริโภค “พืชผักไร้สารพิษ” และการบริโภคเมล็ดธัญพืช ถั่วหลากหลายชนิดทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ปรงอาหารด้วยดอกเกลือ **ลด ละ ความอยาก** ความอร่อยที่ติดขัดในอาหารที่เป็นโทษต่อร่างกาย เช่น รสจัด หวาน มัน เค็ม เผ็ด เปรี้ยว ผาด ขม เปื้อ เมา การปฏิบัติสู่ความสมดุล

2) การประชุมอภิปรายธรรม พบว่าในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 เป็นปัจจัยให้เกิดการประชุมอภิปรายธรรม ในเวลา 18.00-21.00 น. ของทุกวัน มีผู้เข้าร่วมประชุมทุกเครือข่ายสวนป่านาบุญ 1-9 จำนวนกว่า 100 คน ผ่านระบบออนไลน์ ใช้โปรแกรม Zoom สมาชิกทุกคนสามารถรับรู้และเข้าถึงการเคลื่อนไหวการทำงานในแต่ละห้องด้วยการสื่อสารอย่างทันทั่วถึง การปรึกษาหารือกิจกรรมการงานภายในชุมชนที่ตนสังกัดและกิจกรรมสาธารณประโยชน์ ร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมตัดสินใจ การระดมความคิดจากหลากหลายของสาขาอาชีพ ความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์เป็นการเสริมหนุนซึ่งกันและกัน โดยมีผู้นำเป็นองค์ประธาน สมาชิกมีสิทธิเสมอภาค โดยใช้มติหมู่เสียงส่วนใหญ่เป็นตัวตัดสิน

3) ระบบสาธารณโภคี ชาวชุมชนภูผาฟ้าน้ำทุกคนทำงานไม่รับผลตอบแทน ต่างก็ผลิตแล้วนำมากิน ใช้ร่วมกัน ทำให้มีเวลา แรงงาน ทุน ความรู้ ความสามารถมาเสียสละและแบ่งปัน ส่งผลให้ส่วนกลางมีความอุดมสมบูรณ์ สาธารณโภคีเป็นคำตรัสของพระพุทธเจ้าในข้อ 4 ของ **สาราณียธรรม 6** ธรรมที่ก่อให้เกิด “ความสามัคคี” Phra Brahmagunabhorn (2016) **ความเมตตา** เกื้อกูลกัน มีเป้าหมายและค่านิยมร่วมกัน ความไว้นื้อเชื่อใจกัน โดยมี “ความสัมพันธ์ฉันท์เครือญาติ”

กองบุญส่วนกลาง ทำหน้าที่เพื่อจัดการบริหารเงินส่วนกลางทั้งรายรับและรายจ่าย โดยที่มาของรายรับ 1) การจำหน่ายสินค้าที่จำเป็นต่อการดูแลสุขภาพ 2) การรับบริจาคจากจิตอาสาที่แบ่งปันตามความสมัครใจ ในส่วนของผู้เคยเข้าค่ายตั้งแต่ 5 วันขึ้นไปบริจาคได้ไม่เกิน 1,000 บาท ส่วนของรายจ่าย 1) เพื่อจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์มาใช้ส่วนกลาง 2) จิตอาสาเบิกค่าใช้จ่ายส่วนตัวจะพิจารณาเป็นรายบุคคลโดยการผ่าน “มติหมู่” เสียงส่วนใหญ่เป็นตัวตัดสิน

อธิบายได้ว่าปัจจัยที่ทำให้เกิด “ระบบสาธารณโภคี” คือ 1) คุณภาพของคนที่มีจิตธรรมตามแนวพุทธศาสนา อย่าง “**สัมมาทิฐิ**” จนละความเห็นแก่ตัว มุ่งประโยชน์ส่วนรวม 2) ชาวชุมชนภูผาฟ้าน้ำที่เกิดจากการ “**พัฒนาจิตใจ**” จนเกิดคุณธรรม คือ “**ความเมตตา**” มี “**น้ำใจ**” นำผลผลิตมาไว้ที่ส่วนกลาง 3) ชาวชุมชนทุกคน “**ทำงานโดยไม่รับผลตอบแทน**” 4) **กระบวนการเรียนรู้**ภายในชุมชน ส่งเสริมให้ชาวชุมชนภูผาฟ้าน้ำเป็น **คนพอเพียง** เรียบง่าย 5) การเปลี่ยนสถานะจาก “**ผู้บริโภค**” ในสังคมกระแสหลักเป็น “**ผู้ผลิต**” สร้างสรรค์ของกิน ของใช้ บริการที่เป็นประโยชน์ 6) กระบวนการมีส่วนร่วมทุกขั้นตอน

4) เครือข่ายขับเคลื่อนนวัตกรรมสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19

ชุมชนภูผาฟ้าน้ำและเครือข่ายสวนป่านาบุญ 1-9 ร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยป้องกันและบรรเทาแก้ปัญหาในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ในประเทศไทยและทั่วโลก ในขณะที่บุคลากรทางการแพทย์แผนปัจจุบันไม่สามารถรองรับการดูแลได้อย่างทั่วถึง เพราะมีผู้ป่วยเป็นจำนวนมากไม่สามารถเข้าถึงบริการสุขภาพได้และ

บางส่วนเสียชีวิต ส่งผลกระทบให้เกิดความเสียหายทุกมิติ โดยเป็นศูนย์การบูรณาการขับเคลื่อนตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง ผ่านระบบออนไลน์ โปรแกรม Zoom

ปัจจัยในการขับเคลื่อนนวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร มีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ ดังนี้ 1) ผู้นำเป็นแบบอย่างที่ดี 2) กระบวนการมีส่วนร่วม 3) กระบวนการเรียนรู้ และ 4) วัฒนธรรมชุมชน

1) **หลักสูตรค่ายแพทย์แผนไทยวิถีธรรมคำจุนโลก** รูปแบบ “การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ” แพทย์วิถีธรรม ร่วมกับกลุ่มแพทย์แผนไทยช่วยไทย และภาคีเครือข่ายได้ลงพื้นที่ชุมชนต้นแบบในเขตต่าง ๆ เพื่อให้องค์ความรู้ในการดูแลสุขภาพพึ่งตน การทำอาหารสุขภาพ เพื่อบรรเทาความเดือดร้อนและแบ่งเบาภาระของรัฐ เริ่มดำเนินการตั้งแต่ พ.ศ. 2563-พ.ศ. 2565 ระหว่างวันที่ 1-10 และ 16-25 ของทุกเดือน โดยมีวัตถุประสงค์ (1) การเรียนรู้บูรณาการแพทย์แผนไทยกับแพทย์พุทธศาสตร์ (2) เรียนรู้พุทธวิธีขับเคลื่อนสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม (3) สานพลังแพทย์แผนไทยและคนไทยในการสานต่อภูมิปัญญา โดยมีผู้เข้าร่วมอบรมประมาณ 10,000 คน

2) **คู่มือสุขภาพพึ่งตนแพทย์วิถีธรรมฝ่าวิกฤต COVID-19** ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง จำนวน 100,000 เล่ม

3) **สายด่วน สุขภาพพึ่งตน** สำหรับผู้ที่สนใจหรือมีความต้องการการช่วยเหลืออย่างเร่งด่วนเพื่อให้ทันต่อสถานการณ์ ทีมจิตอาสาทั่วโลกรองรับการให้บริการคำปรึกษาตอบปัญหาสุขภาพทุกวัน ช่องทาง LINE OpenChat มีจำนวนสมาชิกกว่า 2,900 คน หรือการเข้าร่วมเรียนรู้หรือรับคำปรึกษา ผ่านช่องทาง Zoom เวลา 18.00-20.00 ในทุกวัน

4) **โครงการ “รวมพลังแบ่งปันด้วยใจที่บริสุทธิ์”** (1) การสนับสนุนอุปกรณ์ทางการแพทย์ “โรงพยาบาลและหน่วยงานสาธารณสุข” เช่น หน้ากากอนามัย Face shield ให้กับสถานที่ขาดแคลน (2) โครงการ “โรงบุญข้าววิถีธรรมไร้สารพิษ ข้าวหม้อ แกงหม้อ” การสนับสนุนข้าว “เครือข่ายสหกรณ์เกษตรอินทรีย์เชิงนกอท” จังหวัดยโสธร พื้นที่จิตอาสาทั้งในประเทศและต่างประเทศต่างบำเพ็ญรวมพลังแบ่งปันในรูปแบบของข้าวสารหรือข้าวหุงสุกและอาหารมังสวิรัต

5) **หมอเขียวทีวี** ในการผลิตสื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ “วิถีชีวิตแบบเศรษฐกิจพอเพียง” และการอบรมสุขภาพผ่านระบบเครือข่ายออนไลน์ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในการบริการสำหรับประชาชน หน่วยงาน สถาบัน ภาครัฐ เป็นต้น

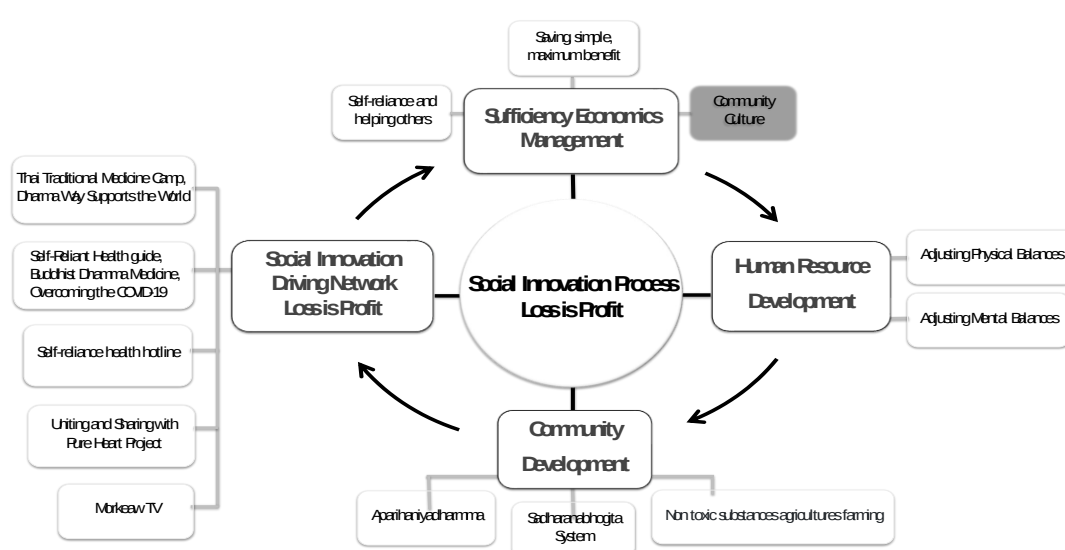


Figure 1 Summary of social innovation process- loss is profit in the covid-19 pandemic situation

วิจารณ์ผลการวิจัย

บริบทและฐานคิดนวัตกรรมสังคม ขาดทุน คือ กำไร

การน้อมนำหลักพุทธศาสนาและปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงเป็น “หลักคิด” และ “แนวทางปฏิบัติ” มีบทบาทในการสนับสนุนและผลักดันให้เกิดพลังร่วมและเป็นเครื่องยึดเหนี่ยว ที่มีความสอดคล้องกับ Khamman (2008) ที่ได้กล่าวว่า **ทุนสถาบัน** นำมาในการปลูกฝังจิตสำนึก ค่านิยม คุณธรรมที่ดีงาม ผู้วิจัยพบว่าชุมชนภูผาฟ้าสามารถถอดรหัสปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงจาก “นามธรรม” ให้เป็นรูปธรรมในการประยุกต์ใช้จนเกิด “ประสิทธิภาพ” และก่อ “ประสิทธิผล” ในการพึ่งตนด้วยสิ่งที่ประหยัด เรียบง่าย ประโยชน์สูงสุดและการนำหลักการทรงงานข้อที่ 5 “ภูมิสังคม” ด้วยการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศไทย คือ ทุนทางสังคม ทุนสถาบัน ทุนวัฒนธรรม ทุนมนุษย์ สอดคล้องกับหลักการทรงงานข้อที่ 9 “ทำให้ง่าย” โดยการทำสิ่งที่ยากให้กลายเป็นเรื่องง่าย ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีให้ซับซ้อนหรือลงทุนมาก

ดังพระราชดำรัสพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร รัชกาลที่ 9 ความตอนหนึ่งว่า

“...เราไม่เป็นประเทศที่ร่ำรวย เรามีพอสมควร พออยู่ได้ แต่ไม่เป็นประเทศที่ก้าวหน้าอย่างมาก เพราะถ้าเราเป็นประเทศที่ก้าวหน้าอย่างมากก็จะมีแต่ถอยกลับ ประเทศเหล่านั้นที่เป็นประเทศอุตสาหกรรมก้าวหน้า จะมีแต่ถอยหลัง และถอยหลังอย่างน่ากลัว แต่ถ้าเรามีการบริหารแบบเรียกว่า แบบคนจน แบบที่ไม่ติดตำรามากเกินไป ทำอย่างมีสามัญสำนึก นี่แหละ คือ เมตตากัน จะอยู่ได้ตลอดไป...

ณ ศาลาดุสิดาลัย พระตำหนักจิตรลดารโหฐาน เมื่อวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2534

กระบวนการนวัตกรรมสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19

พบว่าวิธีการบริหารแบบเศรษฐกิจพอเพียงของชุมชนภูผาฟ้ามีการพัฒนาตามลำดับขั้นที่มีความสอดคล้องกับ Thaipat Institute (2006) ในการจัดระดับของเศรษฐกิจพอเพียง โดยแบ่งช่วงเป็น 3 ระดับ (Figure 2) ดังนี้

เศรษฐกิจพอเพียงขั้นพื้นฐาน (Basic sufficiency economy)

ระดับที่ 1 การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ (Dependent) ให้มีศักยภาพ “พึ่งตน” ได้ตอบสนองความต้องการในการดำรงชีวิตขั้นพื้นฐาน ปัจจัย 4 การพึ่งตนด้วยสิ่งที่ประหยัด เรียบง่าย ประโยชน์สูงสุดได้อย่างมีความสุขทั้งกายและใจ

เศรษฐกิจพอเพียงขั้นก้าวหน้า (Advanced sufficiency economy)

ระดับที่ 2 การพัฒนาชุมชน (Independent) ในการรวมกลุ่มในรูปของ “สหกรณ์” โดยมีปัจจัยในการผลิตที่สำคัญ คือ คน ที่มีเวลา แรงงาน ความรู้ ความสามารถ หลากหลายสาขาอาชีพด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมทุกขั้นตอนด้วยระบบสาธารณโภคี

ระดับที่ 3 เครือข่าย (Inter-dependent) การร่วมมือกับเครือข่ายภายในและการสร้างเครือข่ายภายนอก ในการขับเคลื่อนนวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ในการผลิตซ้ำและขยายอย่างเป็นระบบตลอด 50 ปี โดยไม่ต้องใช้งบประมาณของภาครัฐ

สอดคล้องกับ Phra Brahmagunabhorn (2016); Phanthasen (2003) ทูทางสังคมในทางพุทธธรรม คือ พรหมวิหาร 4 มีในผู้ใด ย่อมทำให้ผู้นั้นประพาสเกื้อกูลแก่ผู้อื่น คุณสมบัติสำคัญที่เป็นอัตลักษณ์ และรากเหง้าของ สังคมไทย คือ ความมี “น้ำใจ” โดยมีชุมชนเป็นแกนกลางของชุมชน คือ จุดแข็งจาก “ทุนสังคม” ที่ประเทศไทยมี ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาด COVID-19 อีกหนึ่งบททดสอบของการพิสูจน์ความจริงที่เป็นสัจธรรม การพัฒนาให้ ความสำคัญกับการสร้างรากฐาน คือ คนส่วนใหญ่ในสังคม มีอิสรภาพ สันติภาพ ภารดรภาพ ประสิทธิภาพ สามารถ พึ่งตนเองได้ และการสานพลังกับเครือข่ายและองค์กรภายนอกทุกภาคส่วนที่มีอุดมการณ์ร่วมกันในการขับเคลื่อน เศรษฐกิจพอเพียงอย่างเป็นระบบด้วย “นวัตกรรมทางสังคม ขาดทุนคืออะไร” ที่มีในรากเหง้าวัฒนธรรมดั้งเดิมของไทย คือ ทานบารมี ความรัก “ความเมตตา” ต่อเพื่อนมนุษย์ร่วมโลกและ “ความสามัคคี” คือ “ทางรอด” สร้างเสริม เศรษฐกิจมั่นคง สังคมไทยสมดุล ระบบนิเวศยั่งยืน ตลอดจนมี “ภูมิคุ้มกัน” พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงในทุกสถานการณ์ นำไปสู่ ความอยู่เย็น เป็นสุข

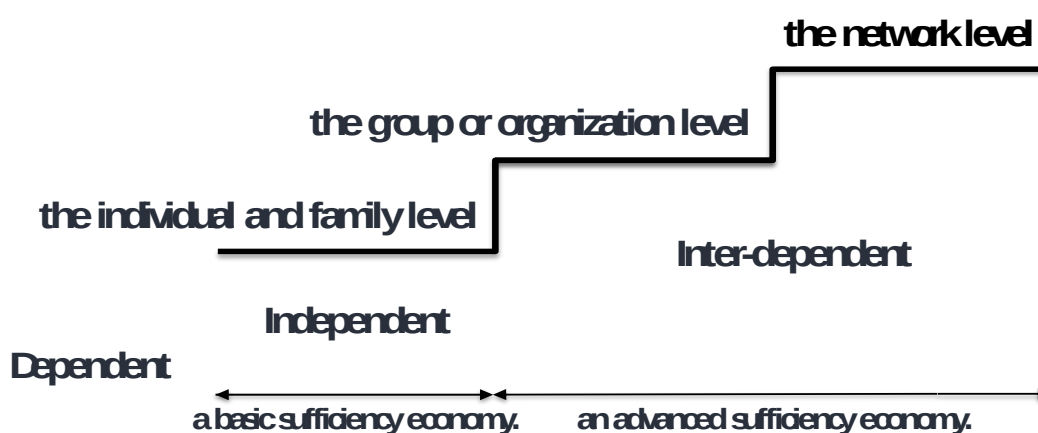


Figure 2 Summary level of sufficiency economy

สรุปผลการวิจัย

1. บริบทและฐานคิดนวัตกรรมสังคม ขาดทุน คือ กำไร มีการวิวัฒน์ 3 ระยะ ดังนี้ 1) อโศก 2) แพทย์วิถี ธรรม 3) ชุมชนภูผาฟ้าภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19

2. กระบวนการนวัตกรรมสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 โดยมี กระบวนการที่สำคัญประกอบด้วย 4 ประการ ดังนี้ 1) การบริหารแบบเศรษฐกิจพอเพียง 2) การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ 3) การพัฒนาชุมชน 4) เครือข่ายขับเคลื่อนนวัตกรรมสังคมขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19

ปัจจัยสำคัญที่ก่อเกิด “นวัตกรรมทางสังคมขาดทุน คือ กำไร” ได้อย่างแท้จริงต่อเมื่อ ความสมดุลของ ผลประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าส่วนตน โดย “กำไร” ที่ได้รับ คือ “คุณค่า” ของความมี “เมตตา” และ “ความสามัคคี” อันเป็นประโยชน์สุขทั้งต่อตนเองและต่อผู้อื่น

ตั้งพระราชดำรัสพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร รัชกาลที่ 9 ความตอนหนึ่งว่า

“...ขาดทุน คือ กำไร Our Loss is Our Gain การเสีย คือ การได้ ประเทศชาติก็จะก้าวหน้า และการที่คนอยู่ดี มีสุข เป็นการนับที่เป็นมูลค่าเงินไม่ได้...”

ณ ศาลาศิตาาลัย พระตำหนักจิตรลดารโหฐาน เมื่อวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2534

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. องค์กรศาสนาควรส่งเสริมการมีส่วนร่วมกับภาคประชาชนในการขับเคลื่อนพุทธศาสนาในภาคปฏิบัติเพื่อพัฒนาพุทธศาสนิกชนให้รู้และตระหนักถึงคุณค่าของพระพุทธศาสนาอันเป็นที่พึ่งทางสังคมให้เท่าทันต่อยุคสมัย เหตุการณ์
2. ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงเป็นปรัชญาที่มีแนวคิดที่กว้างขวาง ลุ่มลึกและครอบคลุมการดำเนินชีวิตในทุกมิติ ควรได้รับการส่งเสริมในการพัฒนา สืบสานและต่อยอดอย่างเป็นรูปธรรมในทุกภาคส่วนของสังคม

กิตติกรรมประกาศ

บทความ เรื่อง นวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 สำเร็จลุล่วงได้นั้น ข้าพเจ้าขอน้อมรำลึกสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณอันหาที่สุดมิได้ของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร พระมหากษัตริย์ผู้ครองแผ่นดินโดยธรรม พระองค์ทรงวางรากฐานการพัฒนาประเทศด้วยหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง คณาจารย์ทุกท่านที่เมตตาให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการเรียนรู้และแนวทางการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

กราบขอบพระคุณด้วยความเคารพพื่อครุสมณโพรธิรักษ์ อาจารย์หมอเขียว ใจเพชร กล้าจน ทำಯที่สุดขอบพระคุณทุกท่านที่ร่วมบำเพ็ญความดีในการขับเคลื่อนพระราชปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงให้สำเร็จลุล่วงไปตามลำดับ.

เอกสารอ้างอิง

Capra, F. 2005. **The Hidden Connections**. Bangkok: Suan Nguen Mee Ma Co., Ltd. Press. 392 p.
[in Thai]

Nanthapanit, J. 2021. **Lessons Learned from Thailand's Fight against COVID**. Bangkok: Safe and Creative Media Development Fund Press. 83 p. [in Thai]

Phanthasen, A. 2003. **Summary of the Seminar Results "Social Capital: Will the Old Legacy Really Save Us?"** Khon Kaen: Department of Social Development, Faculty of Humanities and Social Sciences, Khon Kaen University Press. 3 p. [in Thai]

Phra Brahmagunabhorn (P.A. Payutto). 2003. **Thinking Based on Buddhist Principles.**

Bangkok: Thammasapa & Bunluentham Institution Press. 12 p. [in Thai]

_____. 2016. **Dictionary of Buddhism.** Bangkok: Thammasapa & Bunluentham Institution Press.
200 p. [in Thai]

Royal Forest Department Savings and Credit Cooperative Limited. 2022. **His Majesty will live in our hearts eternally.** [Online]. Available <https://www.forestcoop.org/news/2350> (October 20, 2024).

Surasai, N. 2020. A model of integration of health care culture with Buddhist medicines. **Journal of MCU Peace Studies** 8(3): 1060-1075. [in Thai]

ภาคผนวก



ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้
เรื่อง แต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินผลงานทางวิชาการ

ด้วยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้กำหนดให้มีการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๗ “เกษตรสุขอัจฉริยะ” ด้วยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตทางการเกษตรอย่างยั่งยืนเพื่อสุขภาวะและคุณภาพชีวิตที่ดี (Intelligent Well-being Agriculture: IWA) ระหว่างวันที่ ๑๙-๒๐ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๗ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้บุคลากรทางการศึกษา วิจัยและพัฒนา นวัตกรรมด้านการเกษตร อาหาร สุขภาพและสิ่งแวดล้อม ทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคธุรกิจ และภาคประชาชน มีโอกาสพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ทางวิชาการ รวมทั้งเผยแพร่ผลงานวิจัย งานสร้างสรรค์และนวัตกรรมสู่สาธารณะในรูปแบบของการบรรยาย และการสัมมนาผลงานวิจัยและบริการวิชาการ ขยายเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างสถาบันการศึกษา วิจัยและพัฒนาของหน่วยงานราชการและหน่วยงานเอกชน เพื่อต่อยอดขยายผล พัฒนางานวิจัย เพื่อสร้างประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะ สร้าง Platform แลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ พัฒนางานวิจัย และนวัตกรรมให้สร้างประโยชน์ที่เกิดผลลัพธ์และผลกระทบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินงานการจัดประชุมวิชาการครั้งนี้ เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินผลงานทางวิชาการ เพื่อพิจารณาและประเมินผลงานทางวิชาการที่นำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๗ ดังนี้

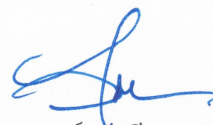
- | | |
|-----------------------------------|----------------|
| ๑. รองศาสตราจารย์ ดร.อารีย์ | เชื้อเมืองพาน |
| ๒. รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญูร | ไหมสุทธิสกุล |
| ๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย | นิติรัฐสุวรรณ |
| ๔. รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ | พวงงามชื่น |
| ๕. รองศาสตราจารย์ ดร.สายสกุล | พองมูล |
| ๖. รองศาสตราจารย์ ดร.จنگล | พรมยะ |
| ๗. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภิตา | อ่ำทอง |
| ๘. รองศาสตราจารย์ ดร.รภััสสรณ์ | คงธนจารุอนันต์ |
| ๙. รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏวิชัย | ติกุล |
| ๑๐. รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี | อินธนู |
| ๑๑. รองศาสตราจารย์อุไรวรรณ | ไอยสุวรรณ |
| ๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจนจิรา | หม่องอัน |

๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกร...

๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกร	มหาวัน
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา	ดวงธิดา
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลักษณา	สัมมานิติ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ	สุทธิกุลบุตร
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ	เหิมฮัก
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์	อินทसार
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนันท์ภัสร์	ราษฎร์นิยม
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริกุล	ตุลาสมบัติ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา	ศรีนฤวรรณ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร	ตงศิริ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสรา	กิจเจริญ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุภาส	สังพาสี
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล	พิมพ์รัตน์
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพงษ์	ทองศรีเกตุ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิราภรณ์	ชัยวัง
๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสม	อาตมางกูร
๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา	วิรุณรัตน์
๓๐. อาจารย์ ดร.กุลชา	ชยรพ
๓๑. อาจารย์ ดร.ธิดารัตน์	ศิริบูรณ์
๓๒. อาจารย์ ดร.ศรัณญา	สุวรรณอังกูร
๓๓. อาจารย์ ดร.สุธาวลัย	สัจจสมบูรณ์
๓๔. อาจารย์ ดร.นภารัตน์	เวชสิทธิ์นิรภัย
๓๕. อาจารย์ ดร.ขจรเกียรติ	ศรีนวลสม

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไปจนกว่างานจะแล้วเสร็จ

ประกาศ ณ วันที่ ๒ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๗



(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

โครงการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๗

“การเกษตรสุขอัจฉริยะ”

ด้วยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตทางการเกษตรอย่างยั่งยืนเพื่อสุขภาวะและคุณภาพชีวิตที่ดี

Intelligent Well-being Agriculture (IWA)

ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

๑. หลักการและเหตุผล

การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ให้มีเสถียรภาพอย่างยั่งยืน ด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG เป็นการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยอาศัยฐานความเข้มแข็งของประเทศอันประกอบด้วยความหลากหลายทางชีวภาพและความหลากหลายทางวัฒนธรรม ส่งเสริมและพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นเจ้าของสินค้าและบริการมูลค่าสูง ที่ยกระดับมูลค่าในห่วงโซการผลิตสินค้าและบริการนำเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลสมัยใหม่ ที่ช่วยทลายข้อจำกัด ให้เกิดการก้าวกระโดดของการพัฒนาต่อยอด สร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน กระจายรายได้ โอกาส และความมั่งคั่งแบบทั่วถึง (Inclusive Growth) รวมถึงการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรเข้าสู่สังคมสูงวัย ตลอดจนรองรับผลกระทบจากพลวัตของกระบวนการโลกาภิวัตน์ การย้ายฐานอำนาจทางเศรษฐกิจและภูมิรัฐศาสตร์ใหม่ ตลอดจนผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่คาดว่าจะมีความรุนแรงมากขึ้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างพลิกผัน (Disruption) ที่ต้องการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดทางเทคโนโลยีและนวัตกรรม จำเป็นอย่างยิ่งต้องอาศัยความรู้ และ ความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและนวัตกรรม รวมถึงการพัฒนากำลังคนที่เหมาะสม เพื่อเป็นกลไกสำคัญในการนำพาประเทศให้หลุดพ้นจากกับดักประเทศรายได้ปานกลาง ดังนั้นบทบาทสถาบันการศึกษาที่มุ่งเน้นให้มหาวิทยาลัยเป็นฟันเฟืองสำคัญ เพื่อสร้างคน สร้างองค์ความรู้ และสร้างนวัตกรรมตอบโจทย์ท้าทายของประเทศ ผ่านการปรับเปลี่ยนบทบาทภารกิจ รวมทั้งจัดระบบและการบริหารจัดการ ทั้งนี้ Mindset ที่สำคัญคือ การปรับเปลี่ยนจากการวิจัยและนวัตกรรมที่มาจากอุปทาน (Supply side) เน้นตอบโจทย์ผู้วิจัย เปลี่ยนข้างไปสู่การวิจัยและนวัตกรรมที่มาจากอุปสงค์ (Demand side) เพื่อตอบโจทย์ประเทศภาคเศรษฐกิจ และภาคสังคม

การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อการเกษตรกรรมที่ยั่งยืนสู่การยกระดับผลผลิตเพื่อสุขภาวะชีวิตที่ดีของคนและสิ่งแวดล้อมด้วย “การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA) จะเป็นเข็มทิศขับเคลื่อนให้การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมสามารถเป็นกลไกสำคัญที่สนับสนุนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ ทั้งด้านการเกษตร อาหาร สุขภาพและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ด้วยการพัฒนาการเกษตรสร้างมูลค่าสู่ภาคอุตสาหกรรม และบริการแห่งอนาคต ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ โดยการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ ๒๑ ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิต ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัย เป็นภารกิจหนึ่งของงานบริหารผลงานวิจัย และนวัตกรรมการวิจัย ภายใต้ยุทธศาสตร์ด้านความเป็นเลิศด้านการวิจัยและนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายในการก้าวสู่ปีที่ ๑๐๐ ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในปี พ.ศ. ๒๕๖๗ โดยมีเป้าหมายการพัฒนาสู่การเป็นนิเวศแห่งสังคมอุดมปัญญาเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตของคนทุกเพศ ทุกวัย ทุกกลุ่มอาชีพ เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร จึงได้ดำเนินการจัดโครงการประชุมวิชาการ “การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA)” เพื่อขยายเครือข่ายทางวิชาการและนวัตกรรมการเกษตร อาหาร สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ได้มีโอกาสพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์งานวิจัยในรูปแบบของการบรรยาย เสวนา และการนำเสนอผลงานวิจัยและบริการวิชาการ ทำให้เข้าใจถึงปัญหาซึ่งจะนำไปสู่แนวทางการวิจัย และแก้ไขปัญหาได้อย่างสัมฤทธิ์ผล และสามารถทำงานวิจัยเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อการนำผลงานวิจัยต่อยอดขยายผลสร้างประโยชน์

ต่อองค์กรภาครัฐ ภาคเอกชน ผู้ประกอบการ และผู้สนใจทั่วไป อันจะส่งผลดีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศอย่างแท้จริง

๒. วัตถุประสงค์

๑. ส่งเสริมให้บุคลากรทางการศึกษา วิจัยและพัฒนานวัตกรรมด้านการเกษตร อาหาร สุขภาพและสิ่งแวดล้อม ทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคธุรกิจ และภาคประชาชน มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ทางวิชาการ รวมทั้งเผยแพร่ผลงานวิจัย งานสร้างสรรค์และนวัตกรรมสู่สาธารณะ ในรูปแบบของการเสวนาวิชาการ และการนำเสนอบทความ
๒. ขยายเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ ระหว่างสถาบันการศึกษา วิจัยและพัฒนาของหน่วยงานราชการและหน่วยงานเอกชน เพื่อต่อยอดขยายผล พัฒนางานวิจัยเพื่อสร้างประโยชน์เชิงพาณิชย์ และสาธารณะต่อไป
๓. สร้าง Platform แลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรม ให้สร้างประโยชน์ที่เกิดผลลัพธ์และผลกระทบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

๓. หน่วยงานรับผิดชอบ

๑. สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
๒. คณะ/สำนัก/วิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
๓. มหาวิทยาลัยเครือข่ายเจ้าภาพร่วม

๔. รูปแบบของการประชุมวิชาการ

๑. ดำเนินการ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
๒. การเสวนาวิชาการ
๓. การนำเสนอผลงานวิจัย ภาคบรรยาย โดย ๘ กลุ่ม ดังนี้
กลุ่มที่ ๑ ความหลากหลายทางชีวภาพ
กลุ่มที่ ๒ เกษตรอัจฉริยะและเกษตรอินทรีย์
กลุ่มที่ ๓ การแปรรูปผลิตผลการเกษตรและนวัตกรรมอาหาร
กลุ่มที่ ๔ สิ่งแวดล้อม ฝุ่น หมอกควัน ขยะการเกษตร ความเป็นกลางทางคาร์บอน และพลังงานทดแทน
กลุ่มที่ ๕ วิถีชีวิต สังคม วัฒนธรรม ภาษา และประวัติศาสตร์
กลุ่มที่ ๖ นวัตกรรมเพิ่มมูลค่าสินค้าด้านการตลาดและธุรกิจการเกษตร
กลุ่มที่ ๗ นวัตกรรมพืชเศรษฐกิจใหม่เพื่อการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์
กลุ่มที่ ๘ วิทยาศาสตร์สุขภาพ สุขภาวะที่ดี และการท่องเที่ยว

๕. ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ เริ่มต้น เดือนมิถุนายน ๒๕๖๗ และสิ้นสุดโครงการ เดือนมีนาคม ๒๕๖๘ โดยดำเนินการในระหว่างวันที่ ๑๙-๒๐ ธันวาคม ๒๕๖๗

๖. กลุ่มเป้าหมาย

จำนวน ๑๖๕ คน ประกอบด้วย อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย รวมทั้งนิสิต นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากเครือข่ายสถาบันการศึกษา และเครือข่ายภาครัฐ ภาคธุรกิจ และองค์กรเอกชน

๗. เงื่อนไขการนำเสนอ

การส่งผลงานวิจัย ผลงานวิชาการ ผลงานออกแบบ ขอให้ผู้เสนอผลงานจัดเตรียมบทความฉบับเต็มให้ถูกต้องตามรูปแบบและข้อกำหนดที่คณะกรรมการกำหนดขึ้น มิฉะนั้น คณะกรรมการขอสงวนสิทธิ์ในการยกเลิกผลงานที่มีรูปแบบไม่ถูกต้องตามที่กำหนด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- ๑) ผลงานที่จะนำเสนอ จะต้องเป็นผลงานที่เสร็จสิ้นแล้ว หรืออยู่ระหว่างการดำเนินการ หรือเป็นโครงการต่อเนื่อง และเป็นผลงานที่ไม่เคยเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
- ๒) บทความฉบับเต็ม ๑ เรื่อง นำเสนอผลงานเป็นภาคบรรยาย
- ๓) คณะกรรมการขอสงวนสิทธิ์ในการคัดเลือกรูปแบบของการนำเสนอผลงานตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

๘. รูปแบบการนำเสนอผลงาน

๑. การนำเสนอแบบบรรยาย (Oral presentation) เวลาในการนำเสนอเรื่องละ ๑๕ นาที (นำเสนอ ๑๐ นาที ถาม-ตอบ ๕ นาที)

- หมายเหตุ ๑. ผู้ส่งบทความความสามารถเลือกการเผยแพร่ในรายงานการประชุมวิชาการ (Proceedings) ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ หรือในวารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร และวารสารของหน่วยงานเครือข่ายโดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม ทั้งนี้ ต้องเป็นไปตาม การพิจารณาของกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิของวารสาร
๒. บทความฉบับสมบูรณ์ที่ผู้นำเสนอได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอของผู้ทรงคุณวุฒิ (Paper review) จะได้รับการตีพิมพ์เป็น Proceedings ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ หรือสามารถดาวน์โหลดผ่านเว็บไซต์

๙. อัตราค่าลงทะเบียน

	ผู้เสนอบทความ	ผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการ
รูปแบบ On site	๒,๕๐๐ บาท	๑,๐๐๐ บาท

* บุคลากร นักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ และหน่วยงานเครือข่ายที่ร่วมเป็นเจ้าภาพได้รับสิทธิพิเศษ บทความละ ๒,๐๐๐ บาท

๑๐. การรับสมัคร

ผู้สนใจเสนอผลงานทางวิชาการ สามารถศึกษารายละเอียดและสมัครได้ที่ www.conference.mju.ac.th โดยดำเนินการ ดังนี้

๑. ลงทะเบียนส่งผลงานทางวิชาการ พร้อมชำระค่าลงทะเบียน โดยโอนเงินเข้าบัญชีธนาคารกรุงไทย สาขาแม่โจ้ บัญชีออมทรัพย์

ชื่อบัญชี งานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ บัญชีเลขที่ ๓๗๕-๓-๑๔๙๓๕-๗

เมื่อทำการส่งจ่ายหรือโอนเงินเรียบร้อยแล้ว กรุณาแนบหลักฐานการโอนเงินธนาคาร ระบุชื่อรายละเอียด ในการออกใบเสร็จรับเงินให้ชัดเจน มาทาง E-mail: mju_confer@sgmaejo.mju.ac.th

ผู้เข้าร่วมประชุมเมื่อได้รับอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาแล้วมีสิทธิเบิกค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้ตามหนังสือกระทรวงการคลัง ที่ กค ๐๔๐๖.๔/ว ๒๑ ลงวันที่ ๒๒ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๔ เรื่อง การเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการและการฝึกอบรมภายในประเทศ และตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม การจัดงาน และการประชุมระหว่างประเทศ (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๕๕ หรือเบิกค่าใช้จ่ายอื่น ๆ จากต้นสังกัด ตามระเบียบของทางราชการและหน่วยงานต้นสังกัด

กำหนดการประชุมวิชาการ
“การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA)
19–20 ธันวาคม 2567
ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันพฤหัสบดีที่ 19 ธันวาคม 2567

08.00 – 08.30	ลงทะเบียน
08.30 – 09.00	พิธีเปิดการประชุมวิชาการ โดย...รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
09.00 – 10.30	เสวนาทางวิชาการ “เมืองสุขภาพดี ที่เป็นมิตรกับทุกคน” วิทยากร: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธ์ศักดิ์ ภักดี อาจารย์ ดร.ชนิษฐา วิศิษฐ์เจริญ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการออกแบบสภาพแวดล้อมเพื่อทุกคน (UDEx) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยากรและผู้ดำเนินรายการ: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิกานต์ ประพรหม ประธานเครือข่ายศูนย์ออกแบบสภาพแวดล้อมเพื่อทุกคน ภูมิภาคเหนือ (UDC Northern)
10.30 – 11.00	พักรับประทานอาหารว่าง
11.00 – 12.00	นำเสนอผลงานทางวิชาการ ผลงานวิจัยกลุ่ม: เกษตรอัจฉริยะและเกษตรอินทรีย์
12.15 – 13.30	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.30 – 15.00	นำเสนอผลงานทางวิชาการ ผลงานวิจัยกลุ่ม: ความหลากหลายทางชีวภาพ
15.00 – 15.15	พักรับประทานอาหารว่าง
15.15 – 16.15	นำเสนอผลงานทางวิชาการ ผลงานวิจัยกลุ่ม: เทคโนโลยีการเกษตร

กำหนดการประชุมวิชาการ
“การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA)
19–20 ธันวาคม 2567
ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันศุกร์ที่ 20 ธันวาคม 2567

08.30 – 09.00	ลงทะเบียน								
09.00 – 10.30	เสวนาทางวิชาการ “เกษตรสุขอัจฉริยะ: พลิกโฉมนวัตกรรมวิจัยสู่การใช้งานจริง” วิทยากร: <table><tr><td>รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล</td><td>วิทยาลัยพลังงานทดแทน</td></tr><tr><td>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ</td><td>คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร</td></tr><tr><td>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารัฐ พลวงษ์ศรี</td><td>วิทยาลัยพลังงานทดแทน</td></tr></table> วิทยากรและผู้ดำเนินรายการ: <table><tr><td>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา นาเทเวศน์</td><td>คณะผลิตกรรมการเกษตร</td></tr></table>	รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล	วิทยาลัยพลังงานทดแทน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ	คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารัฐ พลวงษ์ศรี	วิทยาลัยพลังงานทดแทน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา นาเทเวศน์	คณะผลิตกรรมการเกษตร
รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล	วิทยาลัยพลังงานทดแทน								
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ	คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร								
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารัฐ พลวงษ์ศรี	วิทยาลัยพลังงานทดแทน								
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา นาเทเวศน์	คณะผลิตกรรมการเกษตร								
10.30 – 10.45	พักรับประทานอาหารว่าง								
10.45 – 12.00	นำเสนอผลงานทางวิชาการ ผลงานวิจัยกลุ่ม: การแปรรูปผลิตผลการเกษตรและนวัตกรรมอาหาร ผลงานวิจัยกลุ่ม: นวัตกรรมพืชเศรษฐกิจใหม่เพื่อการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์								
12.00 – 13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน								
13.00 – 14.30	นำเสนอผลงานทางวิชาการ ผลงานวิจัยกลุ่ม: สิ่งแวดล้อม ฝุ่น หมอกควัน ชยะการเกษตร ความเป็นกลางทางคาร์บอน และพลังงานทดแทน ผลงานวิจัยกลุ่ม: วิถีชีวิต สังคม วัฒนธรรม และประวัติศาสตร์								
14.30 – 15.00	พิธีปิดการประชุมวิชาการ โดย...รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้								

งานประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2567

“การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA)

19-20 ธันวาคม 2567

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ลำดับ	เวลา	ชื่อบทความ	ชื่อผู้เสนอผลงาน
ผลงานวิจัยกลุ่ม: เกษตรอัจฉริยะ และเกษตรอินทรีย์			
ประธาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ		
เลขานุการ	อาจารย์ทิวพรพรหม ศรีอ่อน		
ผู้ดำเนินรายการ	คุณวัชรินทร์ จันทวรรณ		
วันพฤหัสบดีที่ 19 ธันวาคม 2567			
1	11.00 – 11.15	ศึกษาการใช้น้ำกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพแสงต่างกัน	นายวรพล ปัญญาสุธารส
2	11.15 – 11.30	ผลของการให้น้ำตามค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชต่อการผลิตพันธุ์มะพร้าวลูกผสมชุมพร 2	นางสาวกุลินดา แทนจันทร์
3	11.30 – 11.45	ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 15 สำหรับระบบการให้น้ำแบบแม่นยำ	นายชยันต์ ภัคดีไทย
4	11.45 – 12.00	การศึกษาการเพาะฟักและอนุบาลลูกปลาเรนโบว์เทราต์ 2 ประชากร ระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกันในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิดต้นแบบเกษตรอัจฉริยะบนระบบไอโอที (IoT)	นายณรงค์ชัย สงวนศรี

งานประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2567

“การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA)

19–20 ธันวาคม 2567

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ลำดับ	เวลา	ชื่อบทความ	ชื่อผู้เสนอผลงาน
ผลงานวิจัยกลุ่ม: ความหลากหลายทางชีวภาพ			
ประธาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหมฮึก		
เลขานุการ	นางสาวเบญจา บำรุงเมือง		
ผู้ดำเนินรายการ	คุณสมยศ มีสุข		
วันพฤหัสบดีที่ 19 ธันวาคม 2567			
1	13.30 – 13.45	ความหลากหลายทางชีวภาพของชุมชนจุลชีพจากห่อหมก	รศ.ดร.ณัฐพร จันทน์ฉาย
2	13.45 – 14.00	ความหลากหลายของพืชและมวนชีวภาพของหย่อมป่า ป่าฟื้นฟู และสวนหลังบ้าน ในพื้นที่บ้านสบปิ่น ตำบลห้วยโก๋น อำเภอลือพระเกียรติ จังหวัดน่าน	นายอุทัย โล่ห์ทอง
3	14.00 – 14.15	สมบัติดินทางกายภาพบางประการและความหลากหลายของพืช ในพื้นที่โครงการธนาคารอาหารชุมชนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน	นางสาวรัมภาภักดิ์ พอใจ
4	14.15 – 14.30	ความหลากหลายชนิดของไม้ยืนต้นในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และพื้นที่ป่า ใช้ประโยชน์ ป่าชุมชนบ้านหาดปู่ดำ จังหวัดลำปาง	ผศ.ดร.กฤษดา พงษ์การณยภาส
5	14.30 – 14.45	การใช้ประโยชน์ที่ดินทางวนเกษตร อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่	นางสาวณัฐวดี ชื้อคำ
6	14.45 – 15.00	การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อปกป้องรักษา ความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศสิ่งแวดล้อม ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ	รศ.ดร.อรรถัย มิ่งธิพล

งานประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2567

“การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA)

19–20 ธันวาคม 2567

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ลำดับ	เวลา	ชื่อบทความ	ชื่อผู้เสนอผลงาน
ผลงานวิจัยกลุ่ม: เทคโนโลยีการเกษตร			
ประธาน	รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี		
เลขานุการ	อาจารย์ ดร.ธิดารัตน์ ศิริบุรณ์		
ผู้ดำเนินรายการ	คุณสมยศ มีสุข		
วันพฤหัสบดีที่ 19 ธันวาคม 2567			
1	15.15 – 15.30	ผลของการใช้กากงาดำหมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ	ผศ.ดร.บัวเรียม มณีวรรณ
2	15.30 – 15.45	การศึกษาเทคนิคทางสถิติเพื่อใช้เป็นมาตรฐานสำหรับแปลงทดลองหญ้าหวาน	วิสุทธิดา ศรีดวงโชติ
3	15.45 – 16.00	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่ในสภาพโรงเรือน	นางศศิษา พิทักษ์
4	16.00 – 16.15	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกาแฟโรบัสต้าแต่ละสายพันธุ์ต่อการใช้ปุ๋ยทางใบในอัตราและความถี่ที่ต่างกัน	นางสาวกัลย์ภัคร์ สงค์ดำ

งานประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2567

“การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA)

19-20 ธันวาคม 2567

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลงานวิจัยกลุ่ม: การแปรรูปผลิตผลการเกษตรและนวัตกรรมอาหาร			
ประธาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา คงจรรุญ		
เลขานุการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร แสงศรีจันทร์		
ผู้ดำเนินรายการ	คุณทิพย์สุดา ปุณณณิ		
วันศุกร์ที่ 20 ธันวาคม 2567			
1	10.45 – 11.00	การพัฒนากระบวนการผลิตถั่วเหลืองหมักอย่างง่ายในระดับกึ่งอุตสาหกรรม	นายณที จันทรดวง
2	11.00 – 11.15	การพัฒนาผลิตภัณฑ์แชมพูปิดผมขาวสูตรอ่อนโยนจากสารสกัดสมุนไพร	อาจารย์ศนิพร จันทรบุรี
3	11.15 – 11.30	การศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัญชงมูลนิธิโครงการหลวงสู่เชิงพาณิชย์	ดร.วชิระ เกตุเพชร
ผลงานวิจัยกลุ่ม: นวัตกรรมพืชเศรษฐกิจใหม่เพื่อการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์			
ประธาน	รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพรรณ ฉิมสุข		
เลขานุการ	อาจารย์ ดร. ทิพภา พิสิษฐ์กุล		
ผู้ดำเนินรายการ	คุณทิพย์สุดา ปุณณณิ		
วันศุกร์ที่ 20 ธันวาคม 2567			
1	11.30 – 11.45	การสกัดสารทริปแทนทินพร้อมใช้จากใบห้อมสายพันธุ์ <i>Strobilanthes cusia</i> (Nees.) Kuntze.1	รศ.ดร.ณัฐพร จันทรฉาย
2	11.45 – 12.00	การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารโดยเทคนิคไมโครเวฟในดอกกล้วยไม้เอื้องผึ้ง	ผศ.ดร.จุฑามาศ พิลาดิ

งานประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2567

“การเกษตรสุขอัจฉริยะ” Intelligent Well-being Agriculture (IWA)

19-20 ธันวาคม 2567

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลงานวิจัยกลุ่ม: สิ่งแวดล้อม ฝุ่น หมอกควัน ชยะการเกษตร ความเป็นกลางทางคาร์บอน และพลังงานทดแทน ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ สุธสิทกุลบุตร เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา วิรุณรัตน์ ผู้ดำเนินรายการ คุณจันทร์เพ็ญ สาระ			
วันศุกร์ที่ 20 ธันวาคม 2567			
1	13.00 – 13.15	ลดรายจ่าย เพิ่มรายได้อย่างยั่งยืน ด้วยการผลิตเห็ดแบบ Low Carbon	นางศิวพร แสนมงคล
2	13.15 – 13.30	การปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินนาต่างเนื้อดินที่ได้รับถ่านชีวภาพและฟางข้าว: กรณีศึกษาในกระถางทดลอง	นายวุฒิ ศรีวิชัย
3	13.30 – 13.45	การศึกษาขั้นต้นเกี่ยวกับการนำเหง้าเห็ดอะคาทะเล (<i>Enhalus acoroides</i>) จากขยะทะเลมาฟื้นฟูเพื่อชุมชนประมงพื้นบ้าน	ผศ.ดร.สุรศักดิ์ ชูทอง
ผลงานวิจัยกลุ่ม: วิถีชีวิต สังคม วัฒนธรรม และประวัติศาสตร์ ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลักขณา สัมมานิธิ เลขานุการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ดวงธิมา ผู้ดำเนินรายการ คุณจันทร์เพ็ญ สาระ			
วันศุกร์ที่ 20 ธันวาคม 2567			
1	13.45 – 14.00	การออกแบบท่าเรือชุมชนและพื้นที่ต่างระดับเพื่อความยั่งยืนของเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี: การผสมผสานระหว่างการท่องเที่ยวและวิถีชีวิตชุมชน	นายวิษุทธิ์ ชูเดช
2	14.00 – 14.15	การออกแบบพื้นที่เชื่อมโยงชุมชนริมน้ำและชุมชนใหม่: แนวทางการฟื้นฟูวิถีชีวิตริมคลองอ้อมนนท์ จังหวัดนนทบุรี	นายรณช ทรยานนท์
3	14.15 – 14.30	นวัตกรรมทางสังคม ขาดทุน คือ กำไร ในสถานการณ์การแพร่ระบาด COVID-19	นางสาวสมฤดี วงษ์วิริยะกุล



ประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2567
“การเกษตรสุขอัจฉริยะ”
Intelligent Well-being Agriculture (IWA)

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์ 0 5387 3411 โทรสาร 0 5387 3418

