KMAJ
e-ISSN 3027-8287

ปีที่ 44 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2569
Vol. 44 No. 1 January - April 2026

วารสารเกษตร พระจอมเกล้า

King Mongkut's Agricultural Journal

คณะเทคโนโลยีการเกษตร
School of Agricultural Technology

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า

ขอบเขตการตีพิมพ์

วารสารฯ เผยแพร่บทความวิจัย และบทความวิชาการ ทางด้านเกษตรศาสตร์ เช่น พืชศาสตร์ ปฐพีศาสตร์ สัตวศาสตร์ วิทยาศาสตร์การประมง อารักขาพืช เทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร(เนื้อสัตว์) เศรษฐศาสตร์เกษตรและธุรกิจเกษตร การทำฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร นิเทศศาสตร์เกษตร และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความก้าวหน้าของวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
2. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือและแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นระหว่างผู้ที่อยู่ในวงการเกษตรหรือสถาบันต่าง ๆ

สำนักงาน

งานวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์/โทรสาร : 0-2329-8524
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th
www.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/index

กำหนดการตีพิมพ์ : วารสารเกษตรพระจอมเกล้า กำหนดตีพิมพ์ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน
ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม
ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 7146
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th

สำนักพิมพ์ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

บรรณาธิการแถลง (Editor's Note)

วารสารเกษตรพระจอมเกล้าปีที่ 44 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม - เมษายน 2569 ฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 15 บทความ ประกอบด้วย สาขาส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร 6 บท พืชสวน 3 บท พืชไร่ 2 บท ปฐพีศาสตร์ 1 บท สัตวศาสตร์ 1 บท วิทยาศาสตร์การประมง 1 บท และนิเทศศาสตร์เกษตร 1 บท บทความทุกเรื่องนอกจากมีความน่าสนใจในเนื้อหาให้ได้เรียนรู้และต่อยอดต่อไปแล้ว ยังได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละสาขาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) ทั้งที่มาจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อยกระดับคุณภาพของงานวิจัยและมีมาตรฐานทางวิชาโดยได้ผลิตและเผยแพร่แบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (E-Journal) ทั้งนี้ วารสารฯ ได้เริ่มใช้การระบุ DOI (ตัวระบุวัตถุดิจิทัล) ตั้งแต่วารสารปีที่ 41 ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยในการค้นหาการเข้าถึง และเชื่อมโยงการเข้าถึงสารสนเทศดิจิทัล ตลอดจนได้เพิ่มช่องทางบทความเผยแพร่ล่วงหน้า (Online First Articles) ตั้งแต่วารสารปีที่ 43 ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2568 และใช้รูปแบบการอ้างอิงบทความที่ใช้เลขที่บทความเป็นเลขหน้า (Article E-location) ตั้งแต่วารสารปีที่ 44 ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2569 เพื่อความรวดเร็วในการเผยแพร่และความสะดวกในการเข้าถึงบทความวิจัย

สำหรับผู้ที่สนใจจะส่งบทความวิจัยหรือบทความวิชการเพื่อตีพิมพ์สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์วารสาร https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal หรือติดต่อมายังกองบรรณาธิการได้ที่อีเมล ajournal@kmitl.ac.th

รองศาสตราจารย์ ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์
บรรณาธิการวารสารเกษตรพระจอมเกล้า

สารบัญ

สารบัญ

Table of Contents

Table of Contents

การเพาะเลี้ยงโคพีพอด *Apocyclops royi* AMBT201601 ด้วยสาหร่ายขนาดเล็ก *Tetraselmis suecica* แบบสาหร่ายสดและแบบสาหร่ายเข้มข้นที่เก็บรักษาด้วยความเย็น

Cultivation of Copepod *Apocyclops royi* AMBT201601 Using Microalga *Tetraselmis suecica* in Fresh and Cold-Storage Concentrated Forms

ปวีณา ตปนียวรวงศ์[1,2], ชลธิชา ช้อยสูงเนิน[3], กนิษฐา บุญยโรจน์[3], พัชรี โยควิบูล[1,2], ปาริชาติ ชุมทอง[1,2], สรวิศ เผ่าทองศุข[1,2], จันทร์จรัส วัฒนะโชติ[4], ฉัตรดนัย ไชยหาญ[3] และมะลิวัลย์ คุตะโค[3*]

Paveena Tapaneeyaworawong[1,2], Chonthicha Choysungnoen[3], Kanistha Boonyarot[3], Patchari Yocawibun[1,2], Parichat Chumtong[1,2], Sorawit Powtongsook[1,2], Janjarus Watanachote[4], Chatdanai Chaiharn[3] and Maliwan Kutako[3*]

Received date: 22 พ.ย. 67 Revised date: 25 ก.พ. 68 Accepted date: 21 มี.ค. 68

DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265231

บทคัดย่อ

โคพีพอดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีบทบาทสำคัญในการเป็นอาหารมีชีวิตสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน การเพาะเลี้ยงโคพีพอดมักใช้สาหร่ายขนาดเล็กเป็นอาหาร งานวิจัยนี้จึงได้เพาะเลี้ยงโคพีพอด *Apocyclops royi* AMBT201601 ด้วยสาหร่าย *Tetraselmis suecica* โดยเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมที่มีการเติมสาหร่ายสดและชุดทดลองที่เติมสาหร่ายเข้มข้นที่เตรียมจากสาหร่ายสดที่นำมากรองให้มีความเข้มข้นสูงและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส การทดลองนี้ได้เพาะเลี้ยงโคพีพอดในขวดแก้วปริมาตร 1 ลิตร ภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมอุณหภูมิและให้แสงตลอดเวลา ผลการทดลองพบว่าการใช้สาหร่ายสดและสาหร่ายเข้มข้นเป็นอาหารโคพีพอด ส่งผลให้จำนวนโคพีพอดทุกระยะรวมสูงสุดใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย 42,000 ± 5,393 และ 49,333 ± 7,910 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อมีการขยายขนาดการเพาะเลี้ยงโคพีพอดเป็น 50 ลิตร ภายใต้สภาวะโรงเรือนที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ พบว่าจำนวนโคพีพอดทุกระยะรวมสูงสุดจากการใช้สาหร่ายสดและสาหร่ายเข้มข้นเป็นอาหารมีค่าใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) คือเท่ากับ 18,133 ± 6,047 และ 14,067 ± 2,757 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันของโคพีพอดที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายสดและสาหร่ายเข้มข้น พบว่าโคพีพอดมีองค์ประกอบกรดไขมันที่คล้ายคลึงกัน ($p>0.05$) โดยมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนชนิด 18:3n3 มากถึง 3.19-3.64% ของกรดไขมันทั้งหมด และยังพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดอื่นได้แก่ 22:6n3 20:5n3 และ 20:4n6 จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าสามารถเพาะเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ด้วยสาหร่าย *T. suecica* แบบเข้มข้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลผลิตโคพีพอดที่ได้สามารถนำไปใช้ในการอนุบาลลูกปลาหรือลูกกุ้งวัยอ่อนได้ เนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่จำเป็นต่อการเติบโตของสัตว์น้ำ

คำสำคัญ: ไซโคลพอยด์โคพีพอด *Apocyclops royi* สาหร่ายเข้มข้น *Tetraselmis suecica* การเพาะเลี้ยง

Abstract

Copepods play a vital role in aquatic food webs and are a key live feed for the larval stages of aquatic organisms. This study investigates the cultivation of the cyclopoid copepod *Apocyclops royi* AMBT201601 using the microalgae *Tetraselmis suecica*, and compares the effects of fresh and concentrated microalgae diets. The concentrated microalgae were high-density microalgae that had been filtered and stored at 5°C. Copepods were cultured in 1-L glass bottles under controlled laboratory conditions with continuous illumination and temperature control. The results showed no significant differences ($p>0.05$) in the maximum total density of copepod (nauplii and adult) between the fresh and concentrated microalgae, with average densities of 42,000 ± 5,393 and 49,333 ± 7,910 individuals/L, respectively. The cultivation scale was then expanded to 50 L under indoor conditions with ambient temperature. It was found that maximum copepod densities remained

[1] ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

[2] ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[3] สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา จันทบุรี 22170

[4] สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

[1] National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Pathum Thani 12120

[2] Center of Excellence for Marine Biotechnology, Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

[3] Program in Marine Technology, Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi 22170

[4] Institute of Marine Science, Burapha University, Chonburi 20131

* Corresponding author: maliwan@buu.ac.th

comparable (p>0.05) between treatments, averaging 18,133 ± 6,047 and 14,067 ± 2,757 individuals/L for fresh and concentrated microalgae, respectively. Fatty acid analysis showed no significant differences (p>0.05) in composition between copepods fed with fresh and concentrated *T. suecica.* The polyunsaturated fatty acid (PUFA) 18:3n3 represented 3.19–3.64% of total fatty acids, with essential PUFAs such as 22:6n3, 20:5n3, and 20:4n6 also detected. The results indicate that *A. royi* AMBT201601 can be successfully cultured with concentrated *T. suecica* while maintaining density and nutritional quality. This method provides a viable approach for producing copepods as live feed for juvenile fish and shrimp, ensuring the availability of essential PUFAs necessary for their growth and development.

Keywords: cyclopoid copepod, *Apocyclops royi*, concentrated microalgae, *Tetraselmis suecica*, culture

คำนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสำคัญต่อประเทศไทยเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการบริโภคภายในประเทศหรือเพื่อส่งออก สิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการทำให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประสบความสำเร็จคืออาหาร โดยเฉพาะในช่วงของการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน หากได้อาหารที่มีคุณภาพจะช่วยให้ลูกสัตว์น้ำแข็งแรงและมีอัตราการรอดสูง การมีแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีคุณภาพ ขนาดที่เหมาะสม และปริมาณที่เพียงพอจะทำให้การเพาะพันธุ์สัตว์น้ำเศรษฐกิจประสบความสำเร็จมากขึ้น

โคพีพอด (copepod) เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ และมีรายงานถึงคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมกับการใช้เป็นอาหารของลูกสัตว์น้ำ เพราะโคพีพอดเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Highly Unsaturated Fatty Acids, HUFA's) เช่น Docosahexaenoic Acid (DHA), Eicosapentaenoic Acid (EPA) และ Arachidonic Acid (ARA) (Watanabe et al., 1983) ซึ่งปริมาณกรดไขมันจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของโคพีพอดและสาหร่ายที่ใช้เป็นอาหาร นอกจากนี้โคพีพอดยังมีความได้เปรียบทั้งโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียในเรื่องของขนาด เพราะโคพีพอดเติบโตโดยการลอกคราบจนถึงระยะตัวเต็มวัย (adult) มีระยะรวม 12 ระยะ แบ่งเป็นระยะนอเพลียส (naupliar stages) 6 ระยะ โคพิโพดิด (copepodite stage) 5 ระยะ และระยะตัวเต็มวัย โคพีพอดจึงมีขนาดที่แตกต่างกันตลอดระยะการพัฒนาจนถึงตัวเต็มวัย ทำให้โคพีพอดมีส่วนช่วยในการพัฒนาตัวอ่อนของลูกปลา โดยตัวอ่อนระยะนอเพลียสสามารถใช้เป็นอาหารให้ลูกสัตว์น้ำขนาดเล็กที่เริ่มกินอาหารได้ เนื่องจากโคพีพอดระยะดังกล่าวมีขนาดเหมาะสมต่อช่องปากของสัตว์น้ำวัยอ่อนและยังย่อยได้ง่าย (Juntarut, 2015)

สาหร่ายขนาดเล็ก (microalgae) มีบทบาทสำคัญต่อสัตว์น้ำระยะวัยอ่อน และจำเป็นต้องใช้ในการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์ เช่น โรติเฟอร์และโคพีพอด หากการเพาะเลี้ยงเพื่อขยายสาหร่ายขนาดเล็กมีปัญหา ก็อาจส่งผลถึงการเพาะเลี้ยงของโคพีพอดด้วย ดังนั้นการเลือกใช้สาหร่ายเข้มข้นหรือสาหร่ายพร้อมใช้งาน อาจเป็นหนึ่งทางเลือกที่สามารถช่วยให้การเพาะเลี้ยงโคพีพอดเพื่อเพิ่มจำนวนสำหรับใช้อนุบาลลูกสัตว์น้ำประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น โดยมีการรายงานถึงการใช้สาหร่ายที่ผ่านการเก็บรักษาในรูปแบบต่างๆ ที่พร้อมใช้งานในการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์ เพราะช่วยลดต้นทุนและลดความเสี่ยงจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก (Sales et al., 2019) และที่ผ่านมามีรายงานการใช้สาหร่ายเข้มข้นในแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มโรติเฟอร์ โดย Seychelles et al. (2009) รายงานว่าการใช้สาหร่ายสดหรือสาหร่ายเข้มข้นในการเพิ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในโรติเฟอร์ไม่แตกต่างกัน Sales et al. (2019) รายงานว่าการเก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่าย *Nannochloropsis oculata* เพื่อนำไปใช้เป็นอาหารของโรติเฟอร์ *Brachionus* sp. สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (centrifuge) และการรวมตะกอน (flocculation) สามารถใช้งานได้ดี แต่วิธีการรวมตะกอนจะได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ จึงยากต่อการกินของแพลงก์ตอนสัตว์ และ Chainark et al. (2017) ได้ทำการเพาะเลี้ยงคาลานอยด์โคพีพอด (calanoid copepod) *Pseudodiaptomus annandalei* ด้วยสาหร่ายเข้มข้นที่ได้จากวิธีปั่นเหวี่ยง พบว่าการใช้สาหร่ายเข้มข้นแบบผสม (*Chaetoceros* sp. + *Isochrysis* sp. + *Nannochloropsis* sp.) ส่งผลให้ความหนาแน่นของโคพีพอด *P. annandalei* สูงถึง 2,802 ตัวต่อมิลลิลิตร นอกจากการใช้สาหร่ายเข้มข้นหรือสาหร่ายที่พร้อมใช้งานในการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์แล้ว Hassan et al. (2021) ได้รายงานการใช้สาหร่าย *Isochrysis galbana* เข้มข้น (ชื่อทางการค้า *Isochrysis* 1800®) เลี้ยงหอย *Mercenaria mercenaria* พบว่าการใช้สาหร่าย *I. galbana* สดผสมกับเข้มข้น ให้การเติบโตต่ำกว่าการใช้สาหร่ายสด ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ Albentosa et al. (1997) ที่พบว่าการเพาะเลี้ยงหอย *Ruditapes decussatus* ด้วยสาหร่าย *I. galbana*, clone T-ISO แบบสด ทำให้หอยมีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือแบบเข้มข้น แบบแช่แข็ง และแบบแห้งเยือกแข็ง ตามลำดับ จากรายงานข้างต้นจึงแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้สาหร่ายที่ผ่านการเก็บรักษาสภาพ

หรือสาหร่ายเข้มข้นในการอนุบาลลูกสัตว์น้ำ และแพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่มโรติเฟอร์ แต่ยังไม่มีรายงานการใช้สาหร่ายรูปแบบดังกล่าวในไซโคลพอยด์โคพีพอด (cyclopoid copepod) เช่น *Apocyclop* sp.

โคพีพอด *Apocyclops royi* AMBT201601 เป็นสายพันธุ์ท้องถิ่นประเทศไทย คัดแยกได้จากคลองชลประทานในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งโคพีพอดชนิดนี้มีนอเพลียสขนาดเล็ก เท่ากับ 80-150 ไมโครเมตร ส่วนระยะโคพิโพดิดถึงตัวเต็มวัยมีขนาดในช่วง 300-600 ไมโครเมตร และมีวงจรชีวิตสั้น (Taibta et al. 2017) รวมถึงเติบโตได้ที่ความเค็มและอุณหภูมิในช่วงกว้าง สามารถใช้สาหร่ายได้หลากหลายชนิดมาเป็นอาหาร สามารถสังเคราะห์กรดไขมันสายยาวจากกรดไขมันสายสั้นได้ ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของโคพีพอดชนิดนี้เพราะสามารถสังเคราะห์กรดไขมันสายยาวได้เอง (Desvilettes et al. 1997, Monroig et al. 2013, Rasdi et al. 2016) ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มอัตรารอดและการเติบโตของสัตว์น้ำที่นำไปใช้เลี้ยง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทดลองเพาะเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ด้วยสาหร่าย *Tetraselmis suecica* ทั้งรูปแบบสาหร่ายสดและเข้มข้น โดยเพาะเลี้ยงภายในห้องปฏิบัติการเพื่อทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้สาหร่ายเข้มข้นในการเพาะเลี้ยงโคพีพอด และขยายปริมาตรการเพาะเลี้ยงโคพีพอดในถังในสภาวะนอกห้องปฏิบัติการ เพื่อทราบถึงความหนาแน่นสูงสุดของโคพีพอด และแนวทางการใช้สาหร่ายเข้มข้นสำหรับเป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงโคพีพอด ข้อมูลจากการวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ผลิตโคพีพอดซึ่งเป็นอาหารมีชีวิตของสัตว์น้ำวัยอ่อนได้

วิธีการศึกษา

การเตรียมสาหร่าย *Tetraselmis suecica*

เพาะเลี้ยงสาหร่าย *T. suecica* 2 รูปแบบ คือ (1) เพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารสูตร F/2 (Guillard, 1975) ที่เตรียมจากน้ำทะเล ความเค็ม 25 พีเอสยู ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที วางขวดเลี้ยงสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ ให้แสงความเข้ม 5,500 ลักซ์ และเติมอากาศตลอดเวลา สาหร่ายที่ได้จะใช้สำหรับทดลองเลี้ยงโคพีพอดปริมาตร 1 ลิตร และ (2) เลี้ยงสาหร่ายในถังพลาสติกอะคริลิกใสทรงกระบอก ปริมาตร 50 ลิตร ในสภาวะนอกห้องปฏิบัติการให้แสงความเข้ม 1,800 ลักซ์ ตลอดเวลา สาหร่ายที่ได้จะนำไปเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงโคพีพอดในถัง 50 ลิตร สาหร่ายจากทั้ง 2 รูปแบบการเลี้ยง ได้นำไปใช้เป็นอาหารโคพีพอดทั้งในรูปแบบอาหารสดและเข้มข้น โดยเตรียมสาหร่ายเข้มข้นด้วยวิธีการกรองและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งสาหร่ายเข้มข้นที่รักษาด้วยวิธีแช่เย็น ได้เตรียมใหม่ทุก 7 วัน เพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

การเตรียมโคพีพอด *Apocyclops royi* AMBT201601

เพาะเลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่าย *T. suecica* ให้แสงความเข้ม 5,500 ลักซ์ และเติมอากาศตลอดเวลา โดยโคพีพอดที่ใช้ในการทดลองเลี้ยง ปริมาตร 1 ลิตร เตรียมโคพีพอดในขวดแก้ว ปริมาตร 5 ลิตร ที่บรรจุอาหาร F/2 (Guillard, 1975) ปริมาตร 4.25 ลิตร เติมหัวเชื้อสาหร่าย 0.25 ลิตร และเพาะเลี้ยงให้สาหร่ายเติบโต จึงเติมโคพีพอด ปริมาตร 0.5 ลิตร ส่วนการทดลองเลี้ยงโคพีพอดในถังปริมาตร 50 ลิตร ได้เตรียมโคพีพอดโดยเลี้ยงโคพีพอดในพลาสติกโพลีคาร์บอเนต ปริมาตร 10 ลิตร ที่บรรจุอาหาร F/2 (Guillard, 1975) ปริมาตร 8.5 ลิตร เติมหัวเชื้อสาหร่าย 0.5 ลิตร และเพาะเลี้ยงให้สาหร่ายเติบโต จากนั้นเติมโคพีพอดปริมาตร 1 ลิตร เมื่อโคพีพอดเพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงนำไปใช้ในการทดลอง

การเติบโตของโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T. suecica* เข้มข้นและสาหร่ายสด ในระบบการเลี้ยงปริมาตร 1 ลิตร

ทดลองเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ในขวดแก้ว ปริมาตรการเลี้ยง 1 ลิตร ภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 25-27 องศาเซลเซียส ให้แสงความเข้ม 5,500 ลักซ์ และเติมอากาศที่ผ่านชุดตัวกรอง 0.22 ไมโครเมตรตลอดเวลา ชุดการทดลองประกอบด้วย (1) ทำการเลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่าย *T. suecica* สด เริ่มจากเติมหัวเชื้อสาหร่าย ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในอาหารสูตรกิลลาร์ด F/2 (Guillard, 1975) ปริมาตร 700 มิลลิลิตร นำขวดเลี้ยงสาหร่ายวางบนชั้นไฟ รอจนสาหร่ายเติบโตเข้าสู่ระยะทวีคูณ (3 วัน) ความหนาแน่นประมาณ 200.0 ± 73.0 x 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จึงเติมหัวเชื้อโคพีพอดปริมาตร 200 มิลลิลิตร มีจำนวนโคพีพอดรวมทุกระยะเริ่มต้น เท่ากับ 2,148±1,002 ตัวต่อลิตร และ (2) เลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่าย *T. suecica* เข้มข้น โดยเติมโคพีพอดที่กรองผ่านผ้ากรอง ขนาดรูพรุน 33 ไมโครเมตร (เพื่อแยกสาหร่าย *T. suecica*) ลงในขวดเลี้ยงที่บรรจุน้ำทะเล ความเค็ม 25 พีเอสยู ปริมาตร 1 ลิตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จำนวนโคพีพอดรวมทุกระยะมีจำนวนเริ่มต้น เท่ากับ 3,037 ± 1,263 ตัวต่อลิตร เติมสาหร่าย *T. suecica* เข้มข้น ให้มีความหนาแน่นเริ่มต้นประมาณ 73.1 ± 5.0 x 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในระหว่างการทดลองเมื่อพบว่าจำนวนสาหร่ายเริ่มลดลงได้เติมสาหร่ายให้กับโคพีพอด โดยในชุดที่เลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่ายสด ได้ดูดน้ำจากขวดเลี้ยงโคพีพอด ประมาณ 30% ของปริมาตรทั้งหมด (หรือ 300 มิลลิลิตร) ผ่านผ้ากรอง (33

ไมโครเมตร) และเติมสาหร่าย *T. suecica* ปริมาตร 300 มิลลิลิตร กลับลงไปในขวดเลี้ยงโคพีพอด ส่วนชุดที่เลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่าย *T. suecica* เข้มข้น ได้ดูดน้ำเลี้ยงโคพีพอดออกจากขวดเลี้ยง ประมาณ 30% ของปริมาตรทั้งหมด (300 มิลลิลิตร) ผ่านผ้ากรองขนาดรูพรุน 33 ไมโครเมตร เติมน้ำทะเลความเค็ม 25 พีเอสยู ที่ฆ่าเชื้อแล้ว และสาหร่ายเข้มข้น *T. suecica* ลงไป 10-50 มิลลิลิตร แต่ละชุดการทดลองทำ 3 ซ้ำ และในระหว่างทดลองได้ติดตามนับจำนวนโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ด้วยสไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgewick rafter) และนับจำนวนสาหร่าย *T. suecica* ด้วยสไลด์นับเม็ดเลือด (Hemacytometer) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์เป็นประจำทุกวัน และเมื่อพบว่าสาหร่ายในขวดเพาะเลี้ยงโคพีพอดลดลงจะทำการเติมสาหร่ายลงในขวดเพาะเลี้ยงโคพีพอด และตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียตามวิธีของ Bower and Holm-Hansen (1980) ทุกวัน

การเติบโตของโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T. suecica* แบบเข้มข้นและสาหร่ายสด ในระบบการเลี้ยง ปริมาตร 50 ลิตร

ทดลองเพาะเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ในถังโปร่งแสงขนาด 50 ลิตร ที่ทำจากอะคริลิก (acrylic) ซึ่งเป็นถังรูปทรงก้นกรวย มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร และความสูง 47 เซนติเมตร (Figure 1) โดยวางถังในโรงเพาะฟักที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ในระหว่างการทดลองให้แสงความเข้ม 1,800 ลักซ์ และมีการเติมอากาศตลอดเวลา

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ (1) การเพาะเลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่าย *T. suecica* สด เริ่มจากการเติมน้ำทะเลที่มีความเค็ม 25 PSU ปริมาตร 35 ลิตร ลงในถัง จากนั้นเติมคลอรีนเม็ด (Septrivet 3.0) ตามคำแนะนำของผลิตภัณฑ์ (2 มิลลิกรัม/ลิตร) เพื่อฆ่าเชื้อในน้ำ และเติมอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลายอาหารสูตรกิลลาร์ด F/2 (Guillard, 1975) และหัวเชื้อสาหร่าย *T. suecica* ปริมาตร 5 ลิตร เมื่อสาหร่ายเติบโตเข้าสู่ระยะทวีคูณ โดยมีความหนาแน่นของเซลล์เฉลี่ย 10.3 ± 4.0 x 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จึงเติมหัวเชื้อโคพีพอด ปริมาตร 10 ลิตร โดยให้มีความหนาแน่นของโคพีพอดเริ่มต้นทุกระยะ เท่ากับ 1,800 ± 656 ตัวต่อลิตร ในระหว่างการทดลองเมื่อพบว่าสาหร่ายในถังเลี้ยงโคพีพอดลดลงน้อยกว่า 0.5 x 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ได้ทำการดูดน้ำออกจากถังผ่านผ้ากรองขนาด 33 ไมโครเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้โคพีพอดหลุดออก โดยดูดเปลี่ยนถ่ายน้ำออก 15 ลิตร (ประมาณ 30% ของปริมาตรทั้งหมด) และเติมสาหร่ายสดในปริมาณเท่ากับน้ำที่เปลี่ยนถ่ายออก และ (2) การเพาะเลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่ายเข้มข้น ขั้นตอนการเตรียมน้ำและการฆ่าเชื้อดำเนินการเช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่ายสด แต่ไม่เติมอาหารเพาะสาหร่ายสูตรกิลลาร์ด F/2 และสาหร่าย *T. suecica* สด จากนั้นเติมหัวเชื้อโคพีพอด ปริมาตร 10 ลิตร โดยกรองโคพีพอดด้วยผ้ากรองขนาด 33 ไมโครเมตร เพื่อแยกสาหร่ายที่ยังมีชีวิตออก ก่อนจะใส่โคพีพอดลงในถัง โดยให้มีความหนาแน่นเริ่มต้นทุกระยะที่ 2,233 ± 702 ตัวต่อลิตร และเติมสาหร่าย *T. suecica* เข้มข้นให้มีความหนาแน่นเริ่มต้น 1 x 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อจำนวนสาหร่ายในถังเพาะเลี้ยงโคพีพอดลดลง ทำการดูดน้ำออกและเติมสาหร่ายเข้มข้นเช่นเดียวกับการทดลองชุดแรก การทดลองแต่ละชุดทำซ้ำ 3 ครั้ง และนับจำนวนโคพีพอดด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้สไลด์นับแพลงก์ตอน และนับจำนวนสาหร่ายด้วยสไลด์นับเม็ดเลือด พร้อมทั้งตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียทุกวัน ด้วยวิธีมาตรฐาน Bower and Holm-Hansen (1980) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ได้กรองโคพีพอดเพื่อนำมาสกัดและวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) ตามวิธีของ Folch et al. (1957) และ Christie (2003) ตามลำดับ

(A) (B) (C)

Figure 1 The cultivation of copepod *A. royi* AMBT201601 (A) using fresh (B) and concentrated microalgae *T. suecica* (C) in 50 L tanks

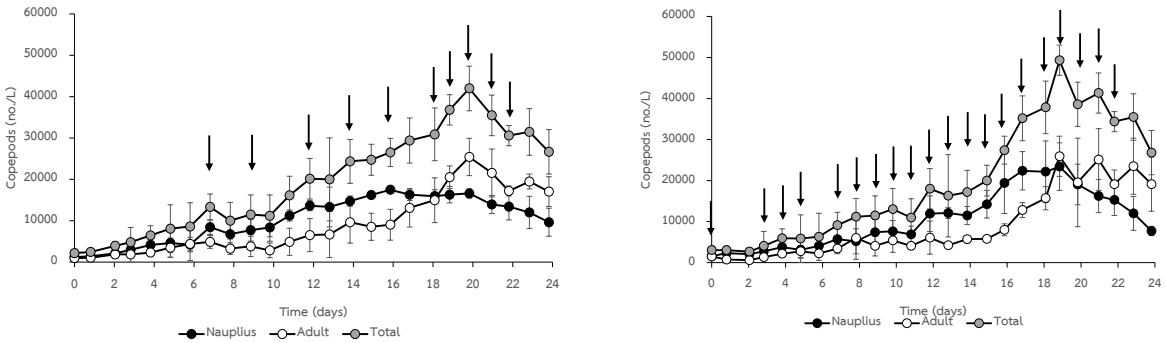
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนโคพีพอดสูงสุด ปริมาณแอมโมเนียและกรดไขมันของข้อมูลจากชุดควบคุมที่เพาะเลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่ายสด และชุดทดลองที่ใช้สาหร่ายเข้มข้นที่รักษาด้วยการแช่เย็น จากนั้นใช้ T-test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสถิติ R (Team, 2020)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเติบโตของโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T. suecica* สดและสาหร่ายเข้มข้นในระบบการเลี้ยงปริมาตร 1 ลิตร

ผลจากการทดลองพบว่าการเติบโตของโคพีพอดในทั้งชุดควบคุมที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายสด และชุดทดลองที่ใช้สาหร่ายเข้มข้น มีการเติบโตใกล้เคียงกัน โดยโคพีพอดที่ใช้สาหร่าย *T. suecica* สดเป็นอาหาร มีความหนาแน่นเริ่มต้นในระยะนอเพลียส 1,185 ± 128 ตัวต่อลิตร และในระยะตัวเต็มวัย 963 ± 1,002 ตัวต่อลิตร หลังจากนั้น โคพีพอดมีการเพิ่มจำนวนอย่างต่อเนื่องจนความหนาแน่นของโคพีพอดในระยะนอเพลียสเฉลี่ยสูงสุดถึง 17,481 ± 642 ตัวต่อลิตร ในวันที่ 16 ของการเลี้ยง และความหนาแน่นของโคพีพอดในระยะตัวเต็มวัยสูงสุดเฉลี่ย 25,407 ± 4,512 ตัวต่อลิตร ในวันที่ 20 ของการเลี้ยง โดยความหนาแน่นรวมทุกระยะสูงสุด เท่ากับ 42,000 ± 5,393 ตัวต่อลิตร ในวันที่ 20 (Figure 2A) สำหรับการพาะเลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่าย *T. suecica* แบบเข้มข้น เริ่มต้นที่ความหนาแน่นโคพีพอดในระยะนอเพลียส 1,556 ± 801 ตัวต่อลิตร และระยะตัวเต็มวัย 1,482 ± 714 ตัวต่อลิตร โคพีพอดมีการเพิ่มจำนวนอย่างต่อเนื่อง โดยในวันที่ 19 ของการเลี้ยง ความหนาแน่นในระยะนอเพลียสและตัวเต็มวัยสูงสุด เท่ากับ 23,407 ± 5,796 และ 25,926 ± 4,901 ตัวต่อลิตร และความหนาแน่นรวมทุกระยะเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 49,333 ± 7,910 ตัวต่อลิตร (Figure 2B) จึงเห็นได้ว่าโคพีพอดที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายสดและสาหร่ายเข้มข้น มีความหนาแน่นรวมทุกระยะสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



(A) (B)

Figure 2 Growth of copepod *A. royi* AMBT201601 fed with fresh (A) and concentrated microalgae *T. suecica* (B) in 1 L glass bottle. Arrows indicate the removal of water from the copepod culture container, and then microalgae was added to the container as feed for the copepods.

เมื่อนำผลการศึกษาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ เช่น งานวิจัยของ Lee et al. (2013) ได้ศึกษาผลผลิตของโคพีพอดในกลุ่มไซโคลพอยด์และฮาแพคติคอยด์ (harpacticoid copepod) ที่เพาะเลี้ยงในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร โดยใช้สาหร่าย *Isochrysis galbana* ร่วมกับ *T. suecica* พบว่าโคพีพอด *A. royi* ที่เพาะเลี้ยงแบบชนิดเดียว ให้ความหนาแน่นสูงสุดประมาณ 17,000 ตัวต่อลิตร ขณะที่การศึกษาของ Farhadian et al. (2008) พบว่าโคพีพอด *A. dengizicus* ที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่าย *Chaetoceros calcitrans* ร่วมกับ *T. suecica* มีการเติบโตดีที่สุด โดยมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 6,400-12,600 ตัวต่อลิตร ส่วนการใช้ *T. suecica* เพียงอย่างเดียว โคพีพอดให้ความหนาแน่นประมาณ 4,100-10,800 ตัวต่อลิตร และ Pan et al. (2017) พบว่าโคพีพอด *A. royi* ที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายต่างชนิดกัน มีผลรวมของโคพีพอดทุกระยะในวันสุดท้ายของการเลี้ยง เท่ากับ 4,777.5 ตัวต่อลิตร ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการเพาะเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ด้วยสาหร่าย *T. suecica* ทั้งแบบสดและเข้มข้น สามารถให้ความหนาแน่นรวมทุกระยะ (42,000 ± 5,393 และ 49,333 ± 7,910 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ) ที่สูงกว่าหรือใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำและการเติมสาหร่ายเป็นอาหารที่เพียงพอตลอดเวลา การติดตามปริมาณ

สาหร่าย *T. suecica* ในขวดเลี้ยง พบว่าจำนวนสาหร่ายค่อยๆ ลดลงเมื่อโคพีพอดมีจำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งการเติมสาหร่ายสด 300 มิลลิลิตร ลงในขวดเลี้ยงโคพีพอด ช่วยให้มีปริมาณสาหร่ายเพียงพอต่อการเป็นอาหารตลอดเวลา สำหรับการเพาะเลี้ยงโคพีพอดด้วยสาหร่ายเข้มข้น พบว่ามีจำนวนสาหร่ายเหลือในระบบอยู่ที่ความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ย 44.4 × 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร นอกจากปริมาณสาหร่ายที่เพียงพอแล้ว คุณภาพน้ำที่เหมาะสมยังช่วยเพิ่มการเติบโตของโคพีพอด โดยตลอดการทดลองปริมาณแอมโมเนียสูงสุดไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร (Figure 3) ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (Jepsen et al., 2015) ผลการทดลองจึงแสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ด้วยสาหร่าย *T. suecica* แบบเข้มข้น มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ทดแทนสาหร่ายสด เนื่องจากสามารถให้ความหนาแน่นโคพีพอดที่ใกล้เคียงกับการใช้สาหร่ายสดเป็นอาหาร

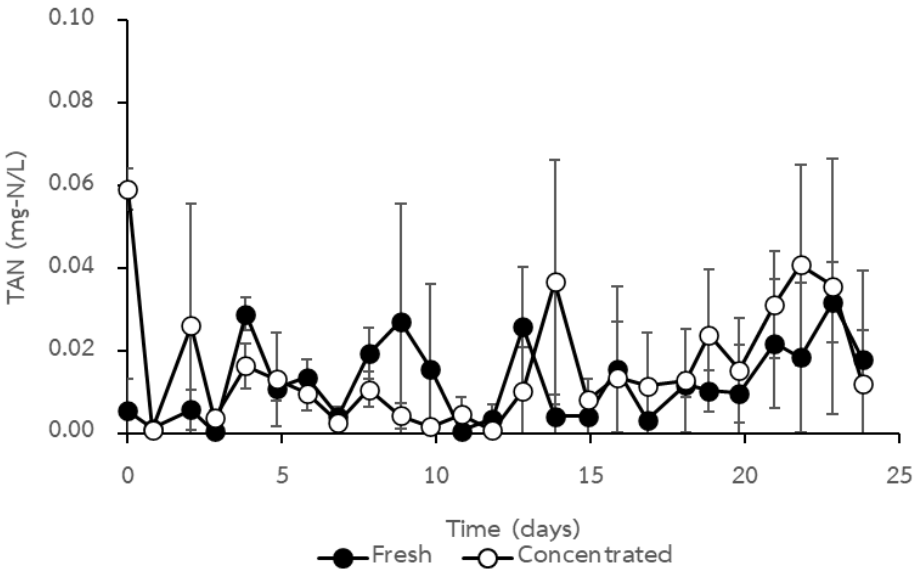
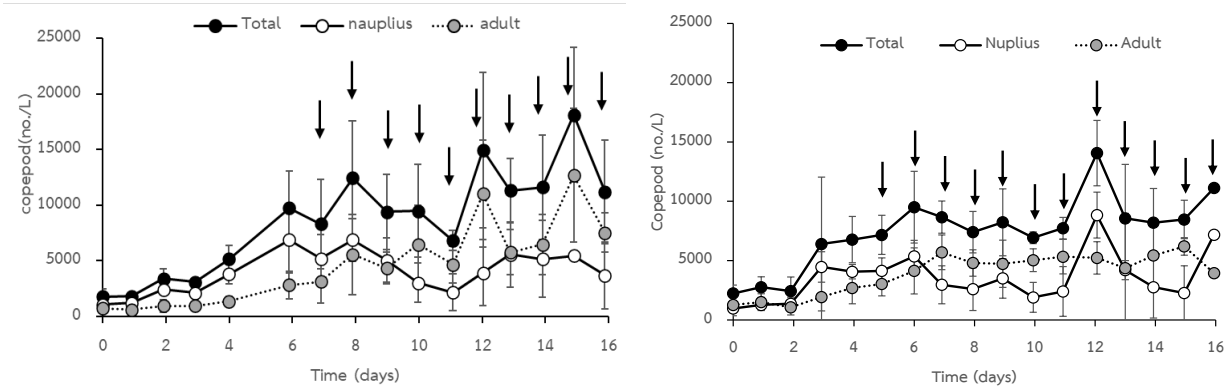


Figure 3 Ammonia concentration in copepod culture bottles during the 24 days experiment
การเติบโตของโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T. suecica* เข้มข้นและสาหร่ายสด ในระบบการเลี้ยงปริมาตร 50 ลิตร

การเพาะเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ในถังพลาสติกอะคริลิคใส ขนาด 50 ลิตร ทำการเพาะเลี้ยงในโรงเพาะเลี้ยงที่มีอากาศถ่ายเท ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ แต่มีการให้แสงความเข้ม 1,800 ลักซ์ และเติมอากาศตลอดเวลา พบว่าการใช้สาหร่าย *T. suecica* แบบสด ส่งผลให้โคพีพอดค่อยๆ เติบโตเพิ่มจำนวนขึ้น จากจำนวนโคพีพอดรวมทุกระยะเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 1,800 ± 656 ตัวต่อลิตร จนมีโคพีพอดระยะนอเพลียสความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุด 6,900 ± 3,005 ตัวต่อลิตร (ในวันที่ 6 ของการเลี้ยง) หลังจากนั้นในวันที่ 15 ของการทดลอง ระยะโตเต็มวัยและรวมทุกระยะเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 12,667 ± 6,012 และ 18,133 ± 6,047 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ (Figure 4A) ส่วนการเติบโตของโคพีพอดที่ให้สาหร่าย *T. suecica* เข้มข้นเป็นอาหาร มีความหนาแน่นเฉลี่ยของโคพีพอดรวมทุกระยะเริ่มต้น เท่ากับ 2,233 ± 702 ตัวต่อลิตร จากนั้นในวันที่ 12 ของการทดลอง ความหนาแน่นของโคพีพอดระยะนอเพลียสและความหนาแน่นรวมทุกระยะเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8,833 ± 1,365 และ 14,067 ± 2,757 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ และในวันที่ 15 ของการเลี้ยง พบว่าความหนาแน่นของโคพีพอดระยะโตเต็มวัยเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6,200 ± 2,300 ตัวต่อลิตร (Figure 4B) ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นรวมของโคพีพอดทุกระยะที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายแบบสดและสาหร่ายเข้มข้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) โดยพบว่าสาหร่ายสดและเข้มข้นที่เติมลงไปในถังเลี้ยงโคพีพอด มีความเข้มข้นเฉลี่ย 3.54 ± 1.04 x 10^4 และ 2.34 ± 0.81 x 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แต่การขยายขนาดการเพาะเลี้ยงโคพีพอดขึ้นเป็น 50 ลิตร ในครั้งนี้จะพบปัญหาอาหารไม่เพียงพอเป็นบางครั้ง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การเติบโตของโคพีพอดถูกจำกัด ดังนั้นการเลือกใช้สาหร่ายที่พร้อมใช้งาน เช่น สาหร่ายเข้มข้น อาจจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารทดแทนสาหร่ายแบบสดได้ เนื่องจากการใช้สาหร่ายสดสามารถจัดการให้มีสาหร่ายไว้พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลาเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยาก เพราะความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม (Lubzens et al., 1995) และการใช้สาหร่ายเข้มข้นสามารถใช้ทดแทนสาหร่ายสดในการเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 เพราะไม่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยงอีกด้วย (Figure 5) ถึงแม้ Milione and Zeng

(2007) กล่าวว่าการใช้สาหร่ายเข้มข้นในแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มโคพีพอดจะพบกับปัญหาเรื่องของเซลล์สาหร่ายตายและการตกตะกอนรวดเร็ว แต่ Chainark et al. (2017) ได้รายงานว่าการใช้สาหร่ายเข้มข้นที่ทำให้เข้มข้นด้วยวิธีปั่นเหวี่ยงเป็นอาหารให้โคพีพอด *Pseudodiaptomus annandalei* สามารถเลี้ยงให้โคพีพอดมีความหนาแน่นสูงถึง 2,802 ตัวต่อมิลลิลิตร ได้ซึ่งกระบวนการในการทำสาหร่ายเข้มข้นมีหลากหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการปั่นเหวี่ยง การรวมตัวของตะกอน และการกรอง เป็นต้น (Sales et al., 2019) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เป็นการเตรียมสาหร่าย *T. suecica* เข้มข้นด้วยวิธีการกรอง เพราะทำได้ง่ายและสามารถเก็บรักษาสาหร่ายเข้มข้นด้วยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 4 สัปดาห์ ซึ่งสาหร่ายเข้มข้นที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็น สามารถใช้เป็นอาหารแพลงก์ตอนสัตว์ได้ดีกว่าการแช่แข็ง โดยระยะเวลาในการแช่เย็นสาหร่ายเข้มข้น เป็นเวลา 7-14 วัน จะไม่ส่งผลต่อคุณภาพของสาหร่าย แต่การแช่แข็งสาหร่ายแล้วนำสาหร่ายมาละลาย โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นอาหารให้แพลงก์ตอนสัตว์ จะส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันรวมในแพลงก์ตอนสัตว์ลดลง Lubzens et al. (1995) นอกจากนี้ ยังมีรายงานเกี่ยวกับการใช้สาหร่ายในรูปแบบที่พร้อมใช้งานสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน เช่น ลูกหอยสองฝา โดยสาหร่ายเข้มข้นสามารถใช้แทนสาหร่ายสดได้ อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาสาหร่ายเข้มข้นในระยะยาวอาจส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ แต่ก็ยังมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้สาหร่ายอบแห้ง (Aji, 2011) ในการใช้สาหร่ายในรูปแบบต่างๆ ควรคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการด้วย



(A) (B)

Figure 4 Growth of the copepod *A. royi* AMBT201601 in 50 L tanks, fed with fresh (A) and concentrated *T. suecica.* Arrows indicate water removal from the copepod culture container altogether with microalgae addition.

เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตของโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่าย *T. suecica* แบบสดและเข้มข้น ปริมาตรการเลี้ยง 1 ลิตร ในห้องปฏิบัติการ และ 50 ลิตร ในโรงเรือนที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ พบว่าการเพาะเลี้ยงโคพีพอดในถังปริมาตร 50 ลิตร ด้วยสาหร่าย *T. suecica* แบบสดและเข้มข้น มีผลผลิตโคพีพอดน้อยกว่าการเพาะเลี้ยงในปริมาตร 1 ลิตร ซึ่งอาจเป็นผลจากปริมาณของอาหารที่ไม่เพียงพอต่อการกินของโคพีพอด โดยพบว่าการใช้สาหร่ายสดและสาหร่ายเข้มข้นไม่พบการขาดอาหารในช่วงแรกของการทดลอง เนื่องจากโคพีพอดยังมีจำนวนน้อย แต่เมื่อโคพีพอดมีจำนวนมากขึ้น พบการขาดอาหารทั้งในการใช้สาหร่ายสดและสาหร่ายเข้มข้น ถึงแม้ว่าจะมีการเติมสาหร่ายให้กับโคพีพอดทุกวันก็ยังพบกับการขาดอาหารก่อนการให้อาหารในวันถัดไป ซึ่งในการเพาะเลี้ยงในปริมาตร 1 ลิตร มีสาหร่ายเหลือในระบบอยู่ที่ความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยถึง 44.4 × 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร แต่ในปริมาตร 50 ลิตร ทั้งการใช้สาหร่ายสดและสาหร่ายเข้มข้นมีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยเพียงวันละ 2.5 × 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เท่านั้น ซึ่งอาจจะต้องรักษาความหนาแน่นสาหร่ายในระหว่างการเพาะเลี้ยงโคพีพอดให้ไม่น้อยกว่า 44.4 × 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร นอกจากนั้นปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจวัดได้มีค่ากว่าการเลี้ยงในปริมาตร 1 ลิตร โดยแอมโมเนียจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง และการเปลี่ยนถ่ายน้ำช่วยควบคุมปริมาณแอมโมเนียในถังเลี้ยงให้มีค่าไม่เกิน 1 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร ได้ แต่การเลี้ยงในถัง 50 ลิตร ด้วยสาหร่ายสด พบปริมาณแอมโมเนียมีค่า 1 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร ในวันสุดท้ายของการเลี้ยง (Figure 5) ซึ่งถึงแม้จะเกินค่ามาตรฐานที่เป็นพิษกับสัตว์น้ำ แต่ Jepsen et al. (2015) กลับรายงานว่าโคพีพอด *Acartia tonsa* ในระยะนอเพลียสสามารถทนต่อปริมาณแอมโมเนียได้ในช่วงกว้าง (0.55-1.49 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร)

ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าในการเพาะเลี้ยงในถังปริมาตร 50 ลิตร เรื่องของปริมาณอาหารที่ไม่เพียงพออาจเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ความหนาแน่นโคพีพอดที่ได้มีปริมาณน้อย

องค์ประกอบกรดไขมันของ *A. royi* AMBT201601 ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *T. suecica* สดและเข้มข้น

การเพาะเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ด้วยสาหร่าย *T. suecica* ทั้งในรูปแบบสดและแบบเข้มข้น ไม่ส่งผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมัน โดยโคพีพอดมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวที่ใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) (48.43-49.03% ของกรดไขมันทั้งหมด) ในขณะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งชนิดเชิงเดี่ยว (13.30-14.31% ของกรดไขมันทั้งหมด) และเชิงซ้อน (12.08-12.28% ของกรดไขมันทั้งหมด) ก็มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) ซึ่งโคพีพอดที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายแบบสดและเข้มข้น มีกรดไขมันที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ 24.39 และ 26.19 % ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ

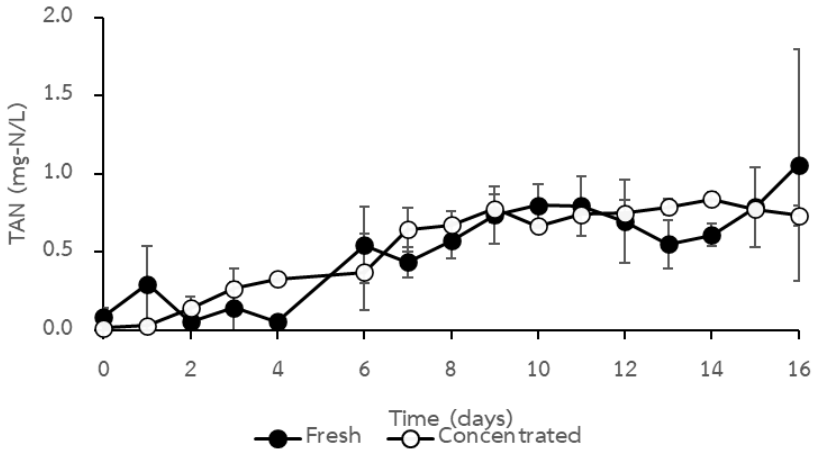


Figure 5 The total ammonia (TAN) concentration in a 50 L copepod culture tank over 16 days experiment.

สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่พบในโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 ที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายทั้งแบบสดและเข้มข้น พบว่า 18:3n3 หรือ ALA มีปริมาณสูงสุด (3.19-3.64% ของกรดไขมันทั้งหมด) รองลงมาคือ 22:6n3 หรือ DHA (0.84-1.01% ของกรดไขมันทั้งหมด) และ 20:5n3 หรือ EPA ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) ในขณะที่ 20:4n6 (ARA) พบในโคพีพอดที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายแบบเข้มข้น (0.53% ของกรดไขมันทั้งหมด) ซึ่งมีปริมาณมากกว่าการเพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายแบบสด ($p<0.05$) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าโคพีพอดที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายเข้มข้นสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำได้ เนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สำคัญในกลุ่มโอเมกา-3 เช่น ALA DHA และ EPA ซึ่งลูกสัตว์น้ำและลูกปลาทะเลวัยอ่อนต้องการกรดไขมันเหล่านี้สำหรับการเติบโต (Sargent et al., 1997) เนื่องจากสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวได้เอง จึงต้องได้รับผ่านการกินอาหาร เช่น สาหร่ายขนาดเล็ก โรติเฟอร์และโคพีพอด (Holt, 2011)

สรุปผลการศึกษา

การใช้สาหร่ายสดที่ผ่านการกรองให้เข้มข้นขึ้นและเก็บรักษาโดยการแช่เย็น เป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงโคพีพอด *A. royi* AMBT201601 สามารถทดแทนสาหร่ายสดได้ เนื่องจากโคพีพอดที่เพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายเข้มข้นมีความหนาแน่นและคุณภาพ (องค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน) ไม่แตกต่างจากโคพีพอดที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสด อย่างไรก็ตาม เมื่อขยายปริมาตรการเพาะเลี้ยงโดยใช้สาหร่ายเข้มข้นที่แช่เย็นเป็นอาหาร พบว่าโคพีพอดมีความหนาแน่นต่ำกว่าการเพาะเลี้ยงในระดับห้องปฏิบัติการ สาเหตุหลักมาจากปริมาณอาหารที่ไม่เพียงพอ แม้ว่าจะมีการเติมสาหร่ายเข้มข้นทุกวัน นอกจากนี้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำยังเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของโคพีพอด ดังนั้น ในการขยายปริมาตรการเพาะเลี้ยงควรเติมสาหร่ายเข้มข้นให้เพียงพอต่อความต้องการของโคพีพอด และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างเหมาะสมเพื่อควบคุมระดับแอมโมเนียให้น้อยกว่า 1 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร ซึ่งจะช่วยรักษาคุณภาพน้ำที่เหมาะสมและเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงโคพีพอดได้

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการดำเนินงานจากเงินรายได้ส่วนงาน จากการบริจาค-กองทุนส่วนงาน สนับสนุนและส่งเสริมงานวิจัยส่วนงาน คณะเทคโนโลยีทางทะเล ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 เลขที่สัญญา 02/2566

การส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: ปวีณา ตปนียวรวงศ์, สรวิศ เผ่าทองศุข, มะลิวัลย์ คุตะโค. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: ชลธิชา ช้อยสูงเนิน, กนิษฐา บุญยโรจน์, พัชรี โยควิบูล, ปาริชาติ ชุมทอง, ฉัตรดนัย ไชยหาญ, ปวีณา ตปนียวรวงศ์. การจัดเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูล และ การแปรผล: ฉัตรดนัย ไชยหาญ, ปวีณา ตปนียวรวงศ์, จันทร์จรัส วัฒนะโชติ, พัชรี โยควิบูล, ปาริชาติ ชุมทอง. การวิพากษ์วิจารณ์ผล และ การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: ปวีณา ตปนียวรวงศ์, สรวิศ เผ่าทองศุข, มะลิวัลย์ คุตะโค. การให้การสนับสนุน specimens เครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และ ครุภัณฑ์: ปวีณา ตปนียวรวงศ์, จันทร์จรัส วัฒนะโชติ, มะลิวัลย์ คุตะโค.

เอกสารอ้างอิง

Aji, L. P. (2011). The use of algae concentrates. Dried algae and algal substitutes to feed bivalves. **Makara Journal of Science**, 15(1), 1-9.

Albentosa, M., Perez-Camacho, A., Labarta, U., & Fernandez-Reiriz, M. (1997). Evaluation of freeze-dried microalgal diets for the seed culture of *Ruditapes decussatus* using physiological and biochemical parameters. **Aquaculture**, 154(3-4), 305-321.

Bower, C. E., & Holm-Hansen, T. (1980). A salicylate – hypochlorote method for determining ammonia is seawater. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 37(5), 794-798.

Chainark, P., Sriveerachai, Y., & Silapajarn, K. (2017). Developing high-density culture system of *Pseudodiaptomus annandalei* (Copepoda: Calanoida) with various microalgae concentrate. **Journal of Engineering and Technology**, 5(2), 1-4.

Christie, W. W. (2003). **Lipid Analysis: Isolation, Separation, Identification and Structural Analysis of Lipids**. 3rd Ed. The Oily Press.

Desvilettes, Ch., Bourdie, G., & Breton, J. Ch. (1997). On the occurrence of a possible bioconversion of linolenic acid into docosahexaenoic acid by the copepod *Eucyclops serrulatus* fed on microalgae. **Journal of Plankton Research**, 19(3), 273-278.

Farhadian, O., Yusoff, F., & Arshad, A. (2008). Population growth and production of *Apocyclops dengizicus* (Copepoda: Cyclopoida) fed on different diets**. Journal of World Aquaculture Society**, 39(3), 384-396.

Folch. J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, 226(1), 497–509.

Guillard, R. R. L. (1975). Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates**.** In Smith, W. L., & Chanley, M. H. (Eds.), **Culture of Marine Invertebrate Animals**, pp. 29-60. Plenum Press.

Hassan, M. M., Parks, V., & Laramore, S. (2021). Assessment of microalgae concentrate as diet for hard clam, *Mercenaria mercenaria*, larvae. **Aquaculture Nutrition**, 27(6), 1871–1879.

Holt, G. J. (2011). Larval fish nutrition. **Aquaculture International**, 19(5), 1019-1020.

Jepsen, P. M., Andersen, C. V. B., Schjelde, J., & Hansen, B. W. (2015). Tolerance of un-ionized ammonia in live feed cultures of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana. **Aquaculture Research**, 46(2), 420-431.

Juntarut, P. (2015). Copepod cultivation for larviculture in hatchery. **Journal of Agriculture**, 31(2), 225-239. (in Thai).

Lee, K., Dahms, H., Park, H. G., & Kang, J. (2013). Population growth and productivity of the cyclopoid copepods *Paracyclopina nana*, *Apocyclops royi* and the harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus* in mono and polyculture conditions: a laboratory study. **Aquaculture Research**, 44(5), 836-840.

Lubzens, E., Gibson, O., Zmora, O., & Sukenik, A. (1995). Potential advantages of frozen algae *(Nannochloropsis* sp.) for rotifer *(Brachionus plicatilis)* culture. **Aquaculture**, 133(3-4)*,* 295-309.

Milione, M., & Zeng, C. (2007). The effects of algal diets on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*. **Aquaculture**, 273(4), 656–664.

Monroig, O., Tocher, D. R., & Navarro, J. C. (2013). Biosynthesis of polyunsaturated fatty acids in marine invertebrates: Recent advances in molecular mechanisms. **Marine Drugs**, 11(10), 3998-4018.

Pan, Y., Sadovskaya, I., Hwang, J., & Souissi, S. (2017). Assessment of the fecundity, population growth and fatty acid composition of *Apocyclops royi* (Cyclopoida, Copepoda) fed on different microalgal diets. **Aquaculture Nutrition**, 24(1), 970-978.

Rasdi, N., W., Qin, J. G., & Li, Y. (2016). Effects of dietary microalgae on fatty acids and digestive enzymes in copepod *Cyclopina kasignnnete*, a potential live food for fish larvae. **Aquaculture Research**, 47(10), 3254-3264.

Sales, R., Derner, R. B., & Tsuzuki, M. Y. (2019). Effect of different harvesting and processing methods on *Nannochloropsis oculate* concentrates and their application on rotifer *Brachionus* sp. cultures**. Journal of Applied Phycology**, 31(6), 3607-3615.

Sargent, J. R., McEvoy, L. A., & Bell, J. G. (1997). Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. **Aquaculture**, 155(1-4), 117-127.

Seychelles, L. H., Audet, C., Tremblay, R., Fournier, R. P., & Pernet, F. (2009). Essential fatty acid enrichment of cultured rotifers (*Brachionus plicatilis*, Muller) using frozen-concentrated microalgae. **Aquaculture Nutrition**, 15(4), 431-439.

Taibta, N., Tapaneeyaworawong, P., Chumtong, P., Burut-Archanai, S., Powtongsook, S., & Kutako, M. (2017). Life cycle and growth of cyclopoid copepods *Apocyclops royi* and *Macrocyclops albidus***.** In **Proceeding of the 8th National Conference on Algae and Plankton**, pp. 127-137. Burapha University. (in Thai).

Team, R. C. (2020). **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing.

Watanabe, T., Kitajima, C., & Fujita, S. (1983). Nutritional profile of live organisms in Japan for mass propagation of fish: a review. **Aquaculture**, 34(1-2), 115-143.

ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนส่งเสริมการผลิตผักเหลียงใบใหญ่เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ครัวเรือนเกษตรกรยากจนในอำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดพัทลุง

Social Return on Investment in the Promotion of Large-leaved Liang Production to Generate Income for Poor Farm Households in Srinakarin District, Phatthalung Province

นันทิยา พนมจันทร์[1*], จตุพร ไกรถาวร[1], เบ็ญจวรรณ บัวขวัญ[4], ปวีณา แก้วอุบล[3], ปุรวิชญ์ พิทยาภินันท์[2], ภานุมาศ พฤติคณี[1], มาณี แก้วชนิด[3], และสรพงค์ เบญจศรี[1]

Nantiya Panomjan[1]*, Jathuporn Kraitavorn[1], Benjawan Buakwan[4], Paveena Kaewubon[3], Purawich Phitthayaphinant[2], Panumas Pruekthikanee[1], Manee Keawchanid[3] and Sorapong Benchasri[1]

Received date: 21 ก.ย. 67 Revised date: 6 ม.ค. 68 Accepted date: 22 ม.ค. 68

DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.264716

บทคัดย่อ

ประเทศไทยถูกจัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีรายได้ปานกลางระดับสูง แต่ปัญหาความยากจนยังคงเป็นอุปสรรคที่ท้าทายการดำเนินนโยบายของรัฐบาล โดยเฉพาะในช่วงที่ราคาผลผลิตทางการเกษตรมีความผันผวนอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรจึงจำเป็นต้องเพิ่มพูนความรู้และทักษะใหม่ ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับทักษะและความรู้ที่มีอยู่เดิม อันจะช่วยให้สามารถดำรงชีวิตและสร้างความมั่นคงในอาชีพของตนได้ โครงการ "วิชชายุทธเกษตรสู้จน คนศรีนครินทร์" เป็นตัวอย่างหนึ่งที่ช่วยให้ครัวเรือนเกษตรกรยากจนในอำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดพัทลุง ได้รับโอกาสในการพัฒนาตนเอง โดยเฉพาะเมื่อเผชิญกับปัญหาความไม่มั่นคงในด้านทุนการดำรงชีพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์การผลิตทางการเกษตรของครอบครัวยากจนจำนวน 4 ตำบล (ลำสินธุ์ อ่างทอง บ้านนา และชุมพล) ในอำเภอศรีนครินทร์ และเพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนในโครงการ "วิชชายุทธเกษตรสู้จน คนศรีนครินทร์" โดยใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่มย่อยกับตัวแทนของครัวเรือนเกษตรกรยากจนจำนวน 131 ครัวเรือน ซึ่งถูกคัดเลือกมาอย่างเจาะจง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา การจัดหมวดหมู่ และการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคม ผลจากการศึกษาพบว่าสถานการณ์การผลิตทางการเกษตรของครอบครัวยากจนในพื้นที่ศึกษาพบว่าครัวเรือนยากจนในพื้นที่อำเภอศรีนครินทร์มีค่าเฉลี่ยของทุนมนุษย์สูงสุดเท่ากับ 2.60 จัดอยู่ในกลุ่ม "อยู่ได้" รองลงมาคือทุนกายภาพ ทุนธรรมชาติ และทุนเศรษฐกิจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42, 2.02 และ 1.95 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม "อยู่ยาก" ขณะที่ทุนทางสังคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.72 จัดอยู่ในกลุ่ม "อยู่ลำบาก" ซึ่งสะท้อนถึงความยากลำบาก (เกณฑ์การแปลผลกำหนดช่วงค่าเฉลี่ยดังนี้ 3.26–4.00 อยู่ดี, 2.51–3.25 อยู่ได้, 1.76–2.50 อยู่ยาก, 1.00–1.75 อยู่ลำบาก) และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนพบว่า การใช้จ่ายงบประมาณที่ได้รับการจัดสรรโดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) นั้นมีความคุ้มค่า โดยผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนมีค่าเท่ากับ 1.53 ซึ่งหมายความว่า ทุก ๆ 1 บาทที่ บพท. ลงทุนในโครงการนี้ จะสร้างผลตอบแทนทางสังคมมูลค่า 1.53 บาท ให้ผลเป็นบวกตั้งแต่ปีแรกของการเริ่มโครงการส่งเสริมการปลูกเหลียงพันธุ์ใบใหญ่ที่ขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่งปลูกเป็นพืชร่วมยางพาราและไม้ผล โดยมอบให้ครัวเรือนยากจนเป็นต้นกล้ากิ่งตอนชำถุงราคาต้นละ 200 บาท จำนวน 10 ต้นต่อครัวเรือนสำหรับเพื่อปลูก สามารถเก็บใบอ่อนรับประทานได้หลังปลูกไปแล้ว 1 เดือน เก็บใบอ่อนบริโภคได้ทุกสัปดาห์ และสามารถขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่งได้ในปีถัดไป การมอบต้นกล้ากิ่งตอนชำถุงสามารถลดการตายของต้นกล้าได้ถึง 20 % สำหรับลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้ในปีแรก และสร้างรายได้ในปีต่อไป โดยผลผลิตต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 60 บาทต่อต้นต่อเดือน แต่ละครัวเรือนได้ 10 ต้น คิดเป็นมูลค่า 600 บาทต่อเดือน และสามารถขยายพันธุ์ได้ในปีที่ 2 ต้นละไม่เกิน 2 กิ่ง โดยการตอนกิ่งจำหน่ายกิ่งละ 100 บาท คิดเป็นมูลค่า 2,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี ผลการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึง บพท., สถาบันการศึกษา, หน่วยงานวิจัย และภาครัฐ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวางแผนและกำหนดนโยบายในการสนับสนุนการวิจัยและดำเนินการเพื่อลดความยากจนในอนาคต

คำสำคัญ: ความยากจน ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน การปลูกพืชร่วม ระบบเกษตรผสมผสาน

[1] สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[2] สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชุมชน คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[3] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[4] สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90100

[1] Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung 93210

[2] Department of Agricultural Extension and Community Development, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung 93210

[3] Department of Biology, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210

[4] Institute of Southern Thai Studies, Thaksin University, Songkhla 90100

* Corresponding author, email: n_numkum@hotmail.com, pnantiya@tsu.ac.th

Abstract

Thailand is classified as an upper middle-income country, but poverty remains a significant challenge to government policy implementation. With the fluctuating prices of agricultural products, farmers must acquire new knowledge and skills to enhance their existing ones for livelihoods and job stability. The project " Agro-strategy to Alleviate Poverty of Srinakarin People " offers a valuable learning opportunity for farming households in Srinakarin district, Phatthalung province, who face limited livelihood resources. This study aims to examine the agricultural production conditions of poor households in four sub-districts (Lam Sin, Ang Thong, Baan Na, and Chumphon) and to analyze the social return on investment (SROI) of the project "Agro-strategy to Alleviate Poverty of Srinakarin People". Data were collected through in-depth interviews and focus group discussions with 131 representatives of farming households purposively-selected, and analyzed using the SROI method. The findings reveal that the average human capital in the studied households scored the highest (2.60, categorized as "sustainable"), followed by physical, natural, and economic capital at 2.42, 2.02, and 1.95, respectively ("vulnerable"). Social capital scored the lowest (1.72, "precarious"), reflecting significant hardship. The SROI analysis indicates that the investment by the Local Administrative Organization (BPA) yielded a positive return, with an SROI ratio of 1.53, meaning every 1 baht invested generated 1.53 THB in social value. The initiative involved distributing ten Bai Liang saplings per household (valued at 200 THB each), propagated through air-layering for intercropping with rubber and fruit trees. Within one month, households could harvest young leaves weekly for consumption, reducing costs in the first year and creating income opportunities from the second year onward. Each tree yielded an average of 60 THB per month, generating 600 THB per household. By the second year, farmers could propagate two air-layered branches per tree, valued at 100 THB per branch, contributing an additional 2,000 THB annually per household. These findings are valuable for related organizations including PMU A, educational institutions, and government agencies in shaping policies to support poverty alleviation research.

Keywords: poverty, social return on investment, intercropping, integrated farming system

คำนำ

ปัญหาความยากจนเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของหลายประเทศมาอย่างยาวนาน ในขณะเดียวกัน การขจัดความยากจนถือเป็นวาระแห่งชาติ ที่ได้รับความสนใจและให้ความสำคัญจากรัฐบาลทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย โดยถูกกำหนดเป็นเป้าหมายแรกของการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals; SDGs) ซึ่งมุ่งยุติความยากจนทุกรูปแบบในทุกที่ (Thailand United Nations, 2024) นอกจากนี้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) ยังเน้นการลงทุนทางสังคมแบบมุ่งเป้า เพื่อช่วยเหลือคนยากจนและผู้ด้อยโอกาสโดยตรง (Office of the National Economic and Social Development Council, 2018) ในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยมีจำนวนคนจน 3.79 ล้านคน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 5.43 ของประชากรทั้งประเทศ ซึ่งลดลงจากปีก่อนร้อยละ 14.08 (Office of the National Economic and Social Development Council, 2024a) การลดลงนี้เป็นผลมาจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ที่คลี่คลาย ประชาชนสามารถปรับตัวและรับมือกับสถานการณ์ได้ดีขึ้น ทำให้ชีวิตกลับสู่ภาวะปกติ การบริโภคของครัวเรือนเพิ่มขึ้น และเศรษฐกิจทั้งในภาคเกษตรและนอกภาคเกษตรมีการขยายตัว อีกทั้งภาครัฐยังคงดำเนินมาตรการกระตุ้นเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง (Office of the National Economic and Social Development Council, 2023) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผู้มีงานทำที่ยากจนตามสาขาเศรษฐกิจ พบว่า สัดส่วนในสาขาเกษตรกรรม การป่าไม้ และการประมงมีอัตราส่วนสูงที่สุด-ร้อยละ 10.62 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 0.81 (Office of the National Economic and Social Development Council, 2024a) โดยที่ภาคใต้มีมูลค่าผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1,391,168 ล้านบาท แบ่งเป็นภาคการเกษตร 373,256 ล้านบาท และนอกภาคการเกษตร 1,017,912 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 26.83 และ 73.17 ตามลำดับ โดยมีผลิตภัณฑ์ภาคต่อหัว 143,000 บาท (Office of the National Economic and Social Development Council, 2024b) ในปีเดียวกัน ภาคใต้มีจำนวนคนจน 906,000 คน คิดเป็นร้อยละ 9.3 ของประชากรทั้งหมด ซึ่งลดลงจากปีก่อน ร้อยละ 14.99 (Office of the National Economic and Social Development Council, 2024a) จังหวัดพัทลุงมีมูลค่าผลิตภัณฑ์จังหวัด 42,847 ล้านบาท แบ่งเป็นภาคการเกษตร 14,597 ล้านบาท และนอกภาคการเกษตร 28,250 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ

34.07 และ 65.93 ตามลำดับ โดยมีผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว 87,100 บาทต่อปี ซึ่งอยู่ในอันดับที่ 60 ของประเทศ (Office of the National Economic and Social Development Council, 2024b) นอกจากนี้ ในปีเดียวกัน จังหวัดพัทลุงมีจำนวนคนจน 64,400 คน หรือร้อยละ 13.09 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีก่อนที่มีร้อยละ 8.00 (Office of the National Economic and Social Development Council, 2024a)

จากการวิจัยก่อนหน้านี้หลายชิ้นจากหลายประเทศ เช่น Cunguara and Moder (2011), Asfaw et al. (2012), Davis et al. (2012), Elias et al. (2013), Gebrehiwot (2015), Danso-Abbeam et al. (2018), และ Wonde et al. (2022) ได้แสดงข้อมูลเชิงประจักษ์ว่า โครงการส่งเสริมการเกษตรมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มสวัสดิการ ผลผลิต และรายได้ของครัวเรือนเกษตรกร รวมถึงช่วยลดความยากจน ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐจึงควรสนับสนุนครัวเรือนเกษตรกรยากจนด้วยการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านโครงการที่นำเอานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับบริบทพื้นที่มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาความยากจนที่เป็นปัญหาเรื้อรังของครัวเรือนเกษตรกร โดยนัยนี้ โครงการ "วิชชายุทธเกษตรสู้จน คนศรีนครินทร์" จึงเกิดขึ้นจากโจทย์ของชุมชน โดยบทความนี้มุ่งวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนในโครงการฯ เพื่อตอบคำถามว่า การลงทุน 1 บาทในโครงการฯ จะสร้างผลตอบแทนทางสังคมเป็นจำนวนเท่าใด

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสถานการณ์การผลิตทางการเกษตรของครอบครัวยากจนจำนวน 4 ตำบล (ลำสินธุ์ อ่างทอง บ้านนา และชุมพล) ในอำเภอศรีนครินทร์ และ 2) วิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนในโครงการ "วิชชายุทธเกษตรสู้จน คนศรีนครินทร์" โดยใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่มย่อยกับตัวแทนของครัวเรือนเกษตรกรยากจนจำนวน 131 ครัวเรือน ผลการวิจัยนี้จะช่วยให้ครัวเรือนเกษตรกรยากจนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเข้าใจถึงประโยชน์ทางการเงินที่ชัดเจนจากการลงทุนในโครงการฯ นอกจากนี้ หน่วยงานสนับสนุนการวิจัยและสถาบันการศึกษาสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการพิจารณาสนับสนุนงบประมาณสำหรับโครงการที่มีบริบทคล้ายกัน หน่วยงานภาครัฐสามารถนำผลการวิจัยไปขยายผลดำเนินโครงการในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะพื้นที่ที่ประชาชนส่วนใหญ่ทำสวนยางพาราและไม้ผล ทั้งนี้ ในขณะเดียวกันข้อมูลเชิงประจักษ์จากงานวิจัยจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนานโยบายเพื่อยกระดับทุนการดำรงชีพ คุณภาพชีวิต และขจัดความยากจนของครัวเรือนเกษตรกรในจังหวัดพัทลุงอย่างเหมาะสม อีกทั้งโครงการนี้ยังสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาจังหวัดพัทลุงที่มุ่งสู่การเป็น "เมืองแห่งความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจ สังคม ความมั่นคง ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม"

วิธีการศึกษา

ข้อมูลพื้นฐานครัวเรือนเกษตรกรเป้าหมาย

ทำการศึกษาในอำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดพัทลุง มีขอบเขตพื้นที่การปกครองทั้งหมดจำนวน 4 ตำบล 43 หมู่บ้าน คือ ตำบลชุมพล (14 หมู่บ้าน) ตำบลบ้านนา (12 หมู่บ้าน) ตำบลอ่างทอง (8 หมู่บ้าน) และตำบลลำสินธุ์ (9 หมู่บ้าน) โดยรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูล TPMap และข้อมูลครัวเรือนยากจนระดับจังหวัด (Practical Poverty Provincial Connext : PPPConnext ร่วมด้วย นำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลกระทบของทุนทางสังคม 5 ด้าน ได้แก่ ทุนมนุษย์ ทุนทางสังคม ทุนกายภาพ ทุนธรรมชาติ และทุนเศรษฐกิจ

ศึกษาสถานการณ์การผลิตทางการเกษตรของครอบครัวยากจน

ทำการศึกษาในพื้นที่อำเภอศรีนครินทร์ทั้งหมด 4 ตำบล ได้แก่ ตำบลลำสินธุ์ ตำบลอ่างทอง ตำบลบ้านนา และตำบลชุมพล จากฐานข้อมูล โดยการวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยตรงของโครงการ คือ ครัวเรือนเกษตรกรยากจนจำนวน 131 ครัวเรือน ทั้งในและเพิ่มเติมจากระบบ โดยผ่านการคัดเลือกแบบเจาะจงจากคนในชุมชน และผู้นำชุมชน สำหรับเกณฑ์การคัดเลือกประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้ 1) การเป็นครัวเรือนเกษตรกรยากจนที่อยู่ในฐานข้อมูลครัวเรือนคนจนที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว มีรายได้น้อยกว่า 3,000 บาทต่อเดือน 2) เกษตรกรยินยอมให้ข้อมูลพร้อมเข้าร่วมกิจกรรมของโครงการด้วยความสมัครใจ 3) ผู้เข้าร่วมทุกคนต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดที่ได้ตกลงระบุในธรรมาภิบาลของผู้ปลูกเหลียงใบใหญ่ และ 4) นำความรู้จากโครงการไปใช้ในการพัฒนาอาชีพของตนอย่างเป็นรูปธรรม

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างที่มีคำถามและประเด็นหลักไว้ล่วงหน้ารายเดี่ยว แต่เปิดโอกาสให้เกษตรกรยากจนสามารถพูดถึงเรื่องราวที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมได้ และมีการถอดบทเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นรายกลุ่มร่วมด้วย คณะวิจัยยังได้ตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากโครงการฯ มีลักษณะอย่างไรและมากน้อยเพียงใด และหากไม่มีโครงการจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้หรือไม่ นอกจากนี้ ยังมีการจัดสนทนากลุ่มย่อยเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมและให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันหาวิธีปฏิบัติที่ยั่งยืน

1) เพื่อประเมินศักยภาพผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน สำหรับการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนกำหนดขอบเขตของระยะเวลาเป็น 2 กรณีคือ 1) การประเมินหลังจากโครงการเสร็จสิ้นแล้ว (ex-post evaluation) คือ ปี พ.ศ. 2566 ซึ่งใช้เป็นปีฐาน และ 2) การประเมินสิ่งที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากโครงการฯ ในอนาคต ซึ่งกำหนดไว้ 5 ปี (ช่วงปี พ.ศ. 2567 ถึง ปี พ.ศ. 2571) นอกจากนี้ ยังมีการวิเคราะห์สถานการณ์ในกรณีฐาน (base case scenario) กับกลุ่มที่คาดจะเป็นคู่ความร่วมมือในการขับเคลื่อนผลกระทบทางสังคม (partner) รวมทั้งผลลัพธ์ที่เกิดจากองค์กรอื่น (attribution) และผลลัพธ์ส่วนเกิน (deadweight) ในส่วนอัตราคิดลดที่ใช้ในการวิเคราะห์กำหนดไว้ร้อยละ 5 ต่อปี (Vijitsrikamol, 2021) ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยพันธบัตรระยะยาว โดยพิจารณาตามแหล่งที่มาของงบประมาณที่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ (Kuldilok et al., 2024)

การประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนสะท้อนถึงความคุ้มค่าของงบประมาณที่จัดสรรให้โครงการ โดยวัดว่าการลงทุนดังกล่าวสามารถสร้างประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมได้มากน้อยเพียงใด (Clare et al., 2023) รวมถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโครงการ (Cooney and Lynch–Cerullo, 2014) ซึ่งวัดออกมาเป็นมูลค่าทางการเงิน (Nicholls et al., 2012) การประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 คือ การประเมินหลังจากโครงการสิ้นสุด (ex-post evaluation) ในปี พ.ศ. 2566 ซึ่งใช้เป็นปีฐาน และช่วงที่ 2 คือ การประเมินผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตช่วง 5 ปี (พ.ศ. 2567–2571) นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์สถานการณ์พื้นฐาน (base case scenario) ผลกระทบจากคู่ความร่วมมือ (partner), ผลลัพธ์จากองค์กรอื่น (attribution) และผลลัพธ์ส่วนเกิน (deadweight) โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 5 ต่อปี (Vijitsrikamol, 2021) ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยพันธบัตรระยะยาวตามแหล่งที่มาของงบประมาณจากภาครัฐ (Kuldilok et al., 2024) ด้วยโปรแกรมการคำนวณจากสถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลพื้นฐานครัวเรือนเกษตรกรเป้าหมาย

อำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดพัทลุง มีขอบเขตพื้นที่การปกครองทั้งหมดจำนวน 4 ตำบล 43 หมู่บ้าน คือ ตำบลชุมพล (14 หมู่บ้าน) ตำบลบ้านนา (12 หมู่บ้าน) ตำบลอ่างทอง (8 หมู่บ้าน) และตำบลลำสินธุ์ (9 หมู่บ้าน) ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพหลัก คือการทำเกษตรกรรม ปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก คือ ยางพารา และ สวนไม้ผล ภาคการเกษตรยังคงเผชิญกับปัญหา เช่น ต้นทุนการผลิตสูง และผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เมื่อพิจารณาข้อมูลครัวเรือนยากจนระดับจังหวัด (Practical Poverty Provincial Connext : PPPConnext) ร่วมด้วย พบว่า ครัวเรือนยากจนในพื้นที่อำเภอศรีนครินทร์มีค่าเฉลี่ยของทุนมนุษย์สูงสุดเท่ากับ 2.60 จัดอยู่ในกลุ่ม “อยู่ได้” รองลงมาคือทุนกายภาพ ทุนธรรมชาติ และทุนเศรษฐกิจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42, 2.02 และ 1.95 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม “อยู่ยาก” ขณะที่ทุนทางสังคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.72 จัดอยู่ในกลุ่ม “อยู่ลำบาก” ซึ่งสะท้อนถึงความยากลำบาก (เกณฑ์การแปลผลกำหนดช่วงค่าเฉลี่ยดังนี้ 3.26–4.00 อยู่ดี, 2.51–3.25 อยู่ได้, 1.76–2.50 อยู่ยาก, 1.00–1.75 อยู่ลำบาก)

สถานการณ์การผลิตทางการเกษตรของครัวเรือนยากจนในพื้นที่ศึกษา

ครัวเรือนยากจนส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีทั้งมีที่ดินทำกินและไม่มีที่ดินทำกินเป็นของตัวเอง พื้นที่ทำกินเพื่อการเกษตรขนาดเล็กและพึ่งพาแรงงานครัวเรือนเป็นหลัก ด้วยข้อจำกัดด้านทุนธรรมชาติทำให้ไม่สามารถขยายพื้นที่เพาะปลูกต่อแรงงานเพื่อให้เกิดการประหยัดจากขนาด (economies of scale) ในการผลิตได้ นอกจากนี้ การบริหารจัดการด้านการผลิตยังคงเป็นแบบดั้งเดิมที่สืบทอดกันมา โดยอาศัยการสังเกตและจดจำจากบรรพบุรุษ โดยไม่ค่อยใช้หลักวิชาการ ไม่มีการวางแผนการผลิต การจดบันทึก หรือจัดทำบัญชี เช่น รายรับ รายจ่าย เป็นต้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง โดยเฉพาะค่าปุ๋ยเคมี ขณะเดียวกัน ปริมาณและราคาผลผลิตยังไม่แน่นอน เนื่องจากปัจจัยของฤดูกาลและปัจจัยอื่น ๆ ส่งผลให้รายได้ไม่พอกับค่าใช้จ่ายและทำให้หลายครัวเรือนมีหนี้สิน ถึงแม้จะมีข้อจำกัดด้านทุนมนุษย์และทุนการเงิน ซึ่งทำให้ทางเลือกในการประกอบอาชีพอื่นมีจำกัด แต่เกษตรกรยังคงทำอาชีพนี้ต่อไปเนื่องจากเป็นอาชีพที่สืบทอดมายาวนาน และมีความเชี่ยวชาญ แม้ว่าจะมีปัญหาราคาผลผลิตต่ำในบางช่วงก็ตาม จากบริบทเดิมที่เกษตรกรยังคงปลูกพืชเชิงเดี่ยว ผลผลิตแปรปรวน ส่งผลต่อรายได้ต่อครัวเรือนที่ไม่แน่นอนและขาดความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ดังนั้นเกษตรกรควรพิจารณาปลูกพืชแซมหรือพืชร่วมในสวนยางพารา โดยเฉพาะผักเหลียง ซึ่งเป็นพืชที่เหมาะสมสำหรับปลูกร่วมกับยางพารา เนื่องจากช่วยเพิ่มธาตุอาหารในดินและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Saeteaw et al., 2021; Saeteng et al., 2022) รวมถึงสร้างประโยชน์จากการผสมผสานกิจกรรมทางการเกษตรที่แตกต่างกัน ซึ่งนำไปสู่การประหยัดจากขอบเขต (economies of scope) ด้วยเหตุดังกล่าววิสาหกิจชุมชนสินธุ์แพรทองมีความต้องการที่จะส่งเสริมการปลูกผักเหลียงใบใหญ่เพิ่มขึ้น โดยปลูกเป็นพืชร่วมในสวนยางพาราหรือสวนไม้ผล เนื่องจากปริมาณผลผลิตของผักเหลียงใบใหญ่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ซึ่งตามกลไกตลาดจะทำให้ราคาสูงขึ้น จากการสำรวจและสอบถามข้อมูลจากสมาชิกกลุ่มเกษตรแปลงใหญ่ผู้ผลิต

เหลียงใบใหญ่ในพื้นที่ได้ให้ข้อมูลว่าปัจจุบันมีเกษตรกรปลูกเหลียงใบใหญ่แซมในส่วนยางพาราหรือไม้ผลจำนวนเพียง 40 ราย คิดเป็นปริมาณพื้นที่ปลูกผักเหลียงเท่ากับ 80 ไร่ โดยมีจำนวนต้นเหลียงใบใหญ่ทั้งหมด 5,000 ต้น ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ 100 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ในขณะที่ความต้องการของตลาดอยู่ที่ประมาณ 300 กิโลกรัมต่อวัน โดยต้นเหลียงใบใหญ่ 1 ต้น ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 1 กิโลกรัม ตลาดขายปลีกเหลียงใบใหญ่ประเภทใบอ่อนสำหรับรับประทานจำหน่ายในราคากิโลกรัมละ 70 บาท ขายส่งราคากิโลกรัมละ 60 บาท โดยที่ต้นเหลียงใบใหญ่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตใบอ่อนได้สัปดาห์ละ 1 ครั้ง นอกจากนี้ เมื่อปลูกไปแล้ว 1 ปี สามารถขยายพันธุ์ต้นพันธุ์ได้อีกเฉลี่ย 2-3 กิ่งต่อต้น ซึ่งปัจจุบันต้นพันธุ์เหลียงใบใหญ่ประเภทกิ่งตอนราคาต้นละ 100 บาท และกิ่งตอนชำถุงราคาต้นละ 150-200 บาท

ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนในโครงการ "วิชชายุทธเกษตรสู้จน คนศรีนครินทร์"

1. **ปัจจัยนำเข้า (input)** เป็นทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินโครงการเพื่อสร้างผลลัพธ์ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการฯ มีดังนี้

1.1 บุคลากร ประกอบด้วยนักวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ 7 คน นักวิชาการศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดสงขลา 2 คน นักวิชาการสำนักงานเกษตร จังหวัดพัทลุง 1 คน เจ้าหน้าที่ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) 1 คน และเจ้าหน้าที่บริษัท ปตท. (มหาชน) จำกัด 1 คน

1.2 องค์กร/หน่วยงาน ประกอบด้วยคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย กลุ่มวิสาหกิจชุมชนชาวนาพัทลุง และบริษัท ปลาณีตฟาร์ม จำกัด

1.3 งบประมาณสนับสนุนในรูปแบบ in-cash ประกอบด้วย บพท. 1.10 ล้านบาท สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (National Innovation Agency หรือ NIA) 2.40 แสนบาท บริษัท ปตท. (มหาชน) จำกัด 2 แสนบาท สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) 1 แสนบาท การยางแห่งประเทศไทย (กยท.) 5 หมื่นบาท สำนักงานเกษตรอำเภอศรีนครินทร์ 3 หมื่นบาท ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดสงขลา 2 หมื่นบาท และ ธ.ก.ส. 2 หมื่นบาท

1.4 องค์ความรู้ที่อบรมให้แก่ครัวเรือนเกษตรกรยากจนประกอบด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การตอนกิ่งพันธุ์ การผลิตปุ๋ยหมัก การผลิตข้าวกล้องงอกอินทรีย์ เทคนิคการฉีดพ่นกรดอะมิโนทางใบ เทคนิคการผลิตแหนแดงเพื่อลดต้นทุน และการผลิตวัสดุเพาะกล้าจากแหนแดงเพื่อเสริมรายได้

1.5 กิจกรรม (activity) เป็นขั้นตอน กระบวนการ หรือการปฏิบัติที่นำไปสู่ผลลัพธ์และการบรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการฯ มีดังนี้

1.5.1 <u>การส่งมอบต้นกล้าเพื่อเพิ่มจำนวนต้นและขยายพื้นที่ปลูกผักเหลียงใบใหญ่</u> ในพื้นที่ทั้งหมด 4 ตำบลของอำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดพัทลุง ในรูปแบบแปลงรวมและแปลงเดี่ยว โดยครัวเรือนเกษตรกรยากจนได้รับกิ่งตอนชำถุง 10 ต้นต่อครัวเรือน (ราคา 200 บาทต่อต้น) โดยมีอัตราการรอดสูง อัตราการตายของกิ่งตอนชำถุงร้อยละ 35 ต่ำกว่ากิ่งตอนซึ่งเท่ากับร้อยละ 50 และในปีถัดไปเกษตรกรในกลุ่มเป้าหมายต้องขยายพันธุ์เพิ่มจากเดิม 3 เท่า โดยแบ่งไปจำหน่ายกิ่งตอน 1 กิ่ง และกิ่งตอนชำถุง 1 กิ่ง ทั้งนี้ ต้นทุนกิ่งตอนคิดเป็นร้อยละ 10 ของรายได้จากการจำหน่ายกิ่งตอน และต้นทุนกิ่งตอนชำถุงคิดเป็นร้อยละ 20 ของรายได้จากการจำหน่ายกิ่งตอนชำถุง

1.5.2 <u>การอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อเพิ่มความรู้และทักษะในการประกอบอาชีพ</u> ให้แก่ครัวเรือนเกษตรกรยากจนประกอบด้วย 1) การขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ เทคนิคการตอนกิ่งพันธุ์ผักเหลียงใบใหญ่ เทคนิคการแปลงพันธุ์ (เสียบยอด) กิ่งพันธุ์ผักเหลียงใบใหญ่ เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อผักเหลียงใบใหญ่ และการปลูกผักเหลียงใบใหญ่เป็นพืชร่วมแปลงใหญ่ 2) การจัดการธาตุอาหารพืชในแปลงปลูก ในเรื่องเทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักอินทรีย์สูตรกสิกรรมธรรมชาติ เทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักอินทรีย์จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เทคนิคการฉีดพ่นกรดอะมิโนทางใบ การผลิตแหนแดงเพื่อลดต้นทุน และการผลิตวัสดุเพาะกล้าเพื่อเสริมรายได้

1.5.3 <u>การสร้างการมีส่วนร่วม</u> ประกอบด้วยการรวมกลุ่มปลูกผักเหลียงแปลงใหญ่ การจ้างงานคนจนสู่ห่วงโซ่การผลิต การลงนามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการเพื่อแก้ปัญหาความยากจนกับภาคีเครือข่ายตั้งแต่ระดับต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ

2. **ผลลัพธ์ (outcome)** เป็นผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผู้ได้รับประโยชน์หลังจากการดำเนินโครงการไปแล้วระยะหนึ่ง ประกอบด้วย 1) การลดพื้นที่การปลูกพืชเชิงเดี่ยว 2) การลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนเกษตรกรยากจนอย่างน้อย 30 บาทต่อมื้อ 3) การลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร 4) การสร้างอำนาจการต่อรอง โดยจำหน่ายผักเหลียงใบสดในราคา 60 บาทต่อ

กิโลกรัม กิ่งตอนในราคา 100 บาทต่อกิ่ง และกิ่งตอนชำถุงในราคา 200 บาทต่อต้น และ 5) ความตระหนักในการผลิตพืชที่ห่วงใยต่อสิ่งแวดล้อม

3. ผลกระทบ (impact) เป็นการเปลี่ยนแปลงในวงกว้างจากการมีโครงการฯ จำแนกตามประเภทของทุนการดำรงชีพเป็น 5 ด้าน ดังนี้

3.1 ด้านทุนมนุษย์ ได้แก่ การเข้าถึงองค์ความรู้ในการประกอบอาชีพเพิ่มขึ้น การมีอาชีพที่ก่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น และการมีความสุขเพิ่มขึ้น

3.2 ด้านทุนกายภาพ ได้แก่ การรับรู้ข้อมูลข่าวสารของหน่วยงานภาครัฐผ่านช่องทางต่าง ๆ ได้ดี และการเข้าถึงสาธารณูปโภคพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวก

3.3 ด้านทุนการเงิน ได้แก่ การมีรายได้ของครัวเรือนและรายได้จากการจำหน่ายผักเหลียงใบใหญ่เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 20 การลดต้นทุนการผลิตได้ร้อยละ 20 การลดหนี้สินได้ร้อยละ 20 และการเกิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในชุมชนเพิ่มขึ้น

3.4 ด้านทุนสังคม ได้แก่ ความร่วมมือและการมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของกลุ่มในชุมชนเพิ่มขึ้น การช่วยเหลือเกื้อกูลและพึ่งพาอาศัยกันของคนในชุมชนเพิ่มขึ้น การแลกเปลี่ยนทักษะทางวิชาชีพในชุมชนระหว่างผู้มีประสบการณ์การทำการเกษตรสูงและผู้มีประสบการณ์การทำการเกษตรต่ำเพิ่มขึ้น และการเกิดขึ้นของสังคมเกษตรปลอดภัย

3.5 ด้านทุนธรรมชาติ ระบบการผลิตผักเหลียงใบใหญ่ร่วมพืชหลักในชุมชนเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 50 ไร่ พื้นที่การปลูกพืชเชิงเดี่ยวในชุมชนลดลงอย่างน้อย 50 ไร่ พื้นที่สีเขียวในชุมชนเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 50 ไร่ ผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อมลดลง

4. ผลประโยชน์ (benefit) ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Table 1) เป็นผลประโยชน์เฉพาะมิติเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นมิติหลักที่สอดรับกับวัตถุประสงค์หลักของโครงการฯ จำแนกเป็น 2 ประเภทดังนี้

4.1 ผลประโยชน์ทางตรง ประกอบด้วย 1.1) กำไรสุทธิจากการจำหน่ายกิ่งตอนผักเหลียงใบใหญ่ (100 บาทต่อกิ่ง (1 กิ่งต่อต้น)) 1.2) กำไรสุทธิจากการจำหน่ายกิ่งตอนชำถุง (200 บาทต่อกิ่ง (1 กิ่งต่อต้น)) 1.3) กำไรสุทธิจากการจำหน่ายใบสดผักเหลียงใบใหญ่ (60 บาทต่อกิโลกรัม (ผลผลิตผักเหลียงใบใหญ่เฉลี่ย 1 กิโลกรัมต่อต้นต่อเดือน) ทั้งนี้ ผักเหลียงใบใหญ่ 1 ต้น สามารถตอนได้ประมาณ 2 กิ่งในรอบ 12 เดือน สำหรับจำนวนต้นผักเหลียงใบใหญ่ที่ครัวเรือนเกษตรกรยากจนเก็บผลผลิตไปจำหน่ายเท่ากับจำนวนต้นผักเหลียงใบใหญ่ทั้งหมดลบด้วย 10 ซึ่งเป็นจำนวนต้นผักเหลียงใบใหญ่ที่ครัวเรือนเกษตรกรยากจนเก็บไว้เพื่อบริโภคผลผลิตในครัวเรือน

4.2 ผลประโยชน์ทางอ้อม ประกอบด้วย 2.1) ลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือน (60 บาทต่อเดือนต่อครัวเรือน จากการปลูก 10 ต้น) โดยในปีแรกให้ผลประโยชน์ได้เพียง 1 เดือนเท่านั้น ขณะที่ในปีถัดไปให้ผลประโยชน์ทุกเดือน 2.2) ลดค่าเช่าที่ดินสำหรับครัวเรือนที่ไม่มีที่ดินทำกิน (ตำบลลำสินธุ์ 3,500 บาทต่อปี และตำบลชุมพล 6,000 บาทต่อปี) สำหรับราคาที่ดินประเมินโดย ธ.ก.ส. ในระยะไม่เกิน 40 เมตรจากถนน ซึ่งที่ดินในตำบลลำสินธุ์และตำบลชุมพลมีราคา 400,000 และ 800,000 บาทต่อไร่ตามลำดับ โดยสามารถให้ผลประโยชน์ตั้งแต่ปีแรกที่ปลูกผักเหลียงใบใหญ่ ทั้งนี้การปลูกผักเหลียงใบใหญ่มีระยะปลูก 2×2 เมตร พื้นที่ 1 ไร่ สามารถปลูกต้นผักเหลียงใบใหญ่ได้จำนวน 400 ต้น

5. การวิเคราะห์สถานการณ์ในกรณีฐาน (base case scenario)

สำหรับการวิเคราะห์สถานการณ์ในกรณีฐาน พบว่าเกิดจำนวน 5 ข้อ ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ 1. รายได้จากการจำหน่ายกิ่งตอนราคา 100 บาทต่อกิ่ง ผลประโยชน์ที่ 2. รายได้จากการจำหน่ายกิ่งตอนชำถุงราคา 200 บาทต่อต้น ผลประโยชน์ที่ 3. รายได้จากการจำหน่ายใบสด ราคากิโลกรัมละ 60 บาท (ผลผลิตใบสดเหลียงใบใหญ่เฉลี่ย 1.0 กิโลกรัมต่อต้นต่อเดือน) ผลประโยชน์ 4 ลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน 60 บาทต่อต้นต่อครัวเรือนต่อเดือน และผลประโยชน์ 5 ลดค่าเช่าที่ดินในครัวเรือนที่ไม่มีที่ดินในตำบลชุมพล (6,000 บาทต่อปี) และตำบลลำสินธุ์ (3,500 บาทต่อปี) เมื่อพิจารณาจากผลประโยชน์ที่ 1. รายได้จากการจำหน่ายกิ่งตอน 100 บาทต่อกิ่ง ส่งผลให้เกิดกิจกรรมหรือโครงการเพื่อส่งเสริมให้มีการปลูกผักเหลียงแปลงใหญ่เพื่อสร้างรายได้จากการเก็บใบสดจำหน่ายและตอนกิ่งจำหน่าย เกิดการมีส่วนร่วมจากองค์กร หรือบุคคลอื่น (attribution) ได้แก่ สวทช. ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดสงขลา ธ.ก.ส. กยท. อำเภอศรีนครินทร์ สำนักงานเกษตรอำเภอศรีนครินทร์ บริษัท ปตท. (มหาชน) จำกัด ร้อยละ 80 ผลกระทบส่วนเกิน (deadweight) หรือผลที่เกิดขึ้นแม้ไม่ได้ดำเนินโครงการฯ ประกอบด้วยอัตราการตายของต้นกิ่งตอนร้อยละ 50 และผลประโยชน์ที่ 2. รายได้จากการจำหน่ายกิ่งตอนชำถุง 200 บาทต่อต้น ส่งผลกระทบส่วนเกินทำให้อัตราการตายของต้นกล้ากิ่งตอนชำถุงลดลงเหลือเพียง ร้อยละ 35 ชี้ให้เห็นว่าการสนับสนุนต้นกล้าเหลียงใบใหญ่ในรูปแบบกิ่งตอนชำถุงส่งผลให้อัตราการตายของต้นกล้าลดลงร้อยละ 15 จากการสนับสนุนในรูปแบบเดิม คือ กิ่งตอน นอกจากนั้นยัง

พบว่าในผลประโยชน์ที่ 3. รายได้จากการจำหน่ายใบสด ราคากิโลกรัมละ 60 บาท (ผลผลิตใบสดเหลียงใบใหญ่เฉลี่ย 1.0 กิโลกรัมต่อต้นต่อเดือน) พบผลกระทบส่วนเกิน (deadweight) ได้แก่ น้ำหนักผลผลิตใบสดที่แก่เกินระยะบริโภคสด ร้อยละ 45 ในขณะที่การดำเนินโครงการดังกล่าวไม่พบผลกระทบด้านการทดแทน (displacement)

Table 1 The present value of cost, benefit, and base case scenario of the agro-strategy to alleviate poverty of srinakarin people project

Unit: THB per household

Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Cost						
- Providing seedlings to increase the number of plants and planting area for large-leaved liang.	300,000					
- Workshop	600,000					
- Engagement activities	200,000					
Total cost	1,100,000					
Present value of total cost	1,100,000					
Base case scenario						
Attribution						
- Expanding the area for planting large-leaved liang in Srinakarin district by other agencies (80%).		1,358,208	3,395,520	9,507,456	27,843,264	82,850,688
Deadweight						
- Death rate of grafted trees (50%)		117,900	294,750	825,300	2,416,950	7,191,900
- Death rate of planted seedlings (45%)		763,992	1,909,980	5,347,944	15,661,836	46,603,512
- Death rate of grafted trees in the nursery bag (35%)		146,720	366,800	1,027,040	3,007,760	8,949,920
Total base case impact		2,386,820	5,967,050	16,707,740	48,929,810	145,596,020
Present value of total base case impact		2,273,161.90	5,412,290.25	14,432,774	40,254,675.78	114,078,291.40
Benefit						
- Net profit from selling large-leaved liang grafted trees		235,800	589,500	1,650,600	4,833,900	14,383,800
- Net profit from selling large-leaved Liang grafted trees in the nursery bag		419,200	1,048,000	2,934,400	8,593,600	25,571,200
- Net profit from selling large-leaved liang		1,697,760	4,244,400	11,884,320	34,804,080	103,563,360
- Reduce household food expense.	78,600	943,200	943,200	943,200	943,200	943,200
- Reduce land rent for landless households.		9,500	9,500	9,500	9,500	9,500
Total benefit	78,600	3,305,460	6,834,600	17,422,020	49,184,280	144,471,060
Present value of total benefit	78,600	3,148,057.14	6,199,183.67	15,049,795.92	40,464,028.88	113,196,855.81
Total Benefit-Total Cost-Base Case Impact	-1,021,400	918,640	867,550	714,280	254,470	-1,124,960
Present Value	-1,021,400	874,895.24	786,893.42	617,021.92	209,353.10	-881,435.60
Total Present Benefit-Base Case Impact	585,328.08					

ครัวเรือนเกษตรกรยากจนได้รับการพัฒนาทุนมนุษย์จากการอบรมเชิงปฏิบัติการทำให้มีความรู้และทักษะในการประกอบอาชีพเพิ่มขึ้นดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ทำให้ครัวเรือนยากจนกลุ่มเป้าหมายสามารถปลูกผักเหลียงใบใหญ่ ทั้งเพื่อบริโภคในครัวเรือนและเพื่อจำหน่ายได้มากขึ้น จึงช่วยเพิ่มรายได้และลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนได้จำนวนหนึ่ง รวมถึงเพิ่มความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือนจากการมีอาหาร การเข้าถึงอาหาร และการใช้ประโยชน์จากอาหาร (อาหารในที่นี้คือผักเหลียงใบใหญ่) อีกทั้งยังสามารถนำส่วนต่างของรายจ่ายที่ประหยัดได้ไปจัดหาอาหารอื่น เพื่อให้ครัวเรือนมีอาหารสำหรับบริโภคที่หลากหลายขึ้น และได้รับสารอาหารครบถ้วน เพราะช่องทางเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงอาหารได้มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเสริมความมั่นคงทางอาหารของชุมชนในภาพรวมอีกด้วย ในขณะเดียวกันเงินส่วนดังกล่าวอาจนำไปออมหรือสะสมไว้เพื่อใช้ลงทุนก็ได้ นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่ผลิตเองและแหนแดงทดแทนปุ๋ยไนโตรเจน ยังช่วยลดต้นทุนการผลิตในส่วนของปุ๋ยเคมี ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการพึ่งพาตนเองอันนำไปสู่ความยั่งยืนในอนาคต ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นนี้ เป็นการยกระดับทั้งทุนมนุษย์และทุนการเงิน รวมทั้งยังช่วยเพิ่มทุนสังคมจากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการร่วมกันคิด ร่วมกันดำเนินกิจกรรมและแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งน่าจะส่งผลต่อการร่วมกันทำงานในประเด็นอื่น ๆ ในอนาคต

โครงการ “วิชชายุทธเกษตรสู้จน คนศรีนครินทร์” ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม โดยพบว่า มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ทางสังคมสุทธิเท่ากับ 1,685,328.08 บาท และอัตราผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนมีค่า 1.53 หมายความว่า การจัดสรรเงินงบประมาณของ บพท. สำหรับโครงการฯ ให้ผลตอบแทนทางสังคม 1.53 เท่าของเงินงบประมาณ หรือในอัตราส่วน 1.53:1 อาจกล่าวได้ว่า การลงทุนในโครงการฯ ด้วยเงินจำนวน 1 บาท สามารถให้ผลตอบแทนกลับคืนต่อสังคม 1.53 บาท นั่นแสดงว่าเงินงบประมาณที่ใช้ในโครงการนี้ มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดความสำเร็จดังต่อไปนี้

1. การมีภาคีเครือข่ายที่เข้มแข็ง คณะผู้วิจัยมีการดำเนินงานร่วมกับภาคีเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาสังคม เพื่อเติมเต็มและขับเคลื่อนโครงการฯ ให้เกิดผลสำเร็จอย่างเป็นรูปธรรม กลไกการหนุนเสริมและการมีส่วนร่วมของหน่วยงานภาครัฐ รวมทั้งการมีนักพัฒนาในพื้นที่หรือนวัตกรท้องถิ่นที่มีความชำนาญ สามารถถ่ายทอดและยกระดับนักพัฒนาจากรุ่นสู่รุ่นผ่านกลไกการทำงานอย่างมีระบบและครบวงจร

2. การกำหนดแผนงานและผลการดำเนินงานที่ได้อย่างชัดเจน โครงการ นี้ได้เลือกกลุ่มนักพัฒนาต้นแบบคือ สมาชิกในศูนย์เรียนรู้เครือข่ายสินธุ์แพรทอง ซึ่งสามารถผลักดันให้เป็นพื้นที่ต้นแบบสำหรับการเรียนรู้และต่อยอดของครัวเรือนเกษตรกรยากจนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายได้อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งครัวเรือนเกษตรกรยากจนที่เข้าร่วมโครงการยังมีความมุ่งมั่น ตั้งใจ และเข้าใจการดำเนินโครงการนี้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ หัวหน้าทีมวิจัยได้มีการกำหนดแผนงานและกำหนดการในการลงพื้นที่อย่างชัดเจน พร้อมทั้งสื่อสารให้นักวิจัยในทีมเตรียมความพร้อม ทั้งด้านข้อมูลและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็น ตลอดจนเปิดโอกาสให้นักวิจัยสามารถบริหารจัดการเวลาในการลงพื้นที่ เพื่อปฏิบัติงานและติดตามความก้าวหน้าของโครงการฯ ได้ จึงบรรลุผลที่คาดว่าจะได้รับจากการลงพื้นที่แต่ละครั้งได้ดี

3. ความเข้มแข็งทางวิชาการที่ถ่ายทอดให้กับกลุ่มเป้าหมาย การนำองค์ความรู้ นวัตกรรม และเทคโนโลยีที่มาจากทีมงานที่มีความเข้มแข็งทางวิชาการไปถ่ายทอดให้แก่ครัวเรือนเกษตรกรยากจน บวกกับการลงพื้นที่อย่างต่อเนื่องเพื่อฝึกปฏิบัติให้กับครัวเรือนเกษตรกรยากจน ส่งผลให้ทีมวิจัยได้รับความสนใจและร่วมมือจากครัวเรือนเกษตรกรยากจนเป็นอย่างดีในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งนี้ นอกจากความเข้มแข็งในเชิงวิชาการที่ถ่ายทอดให้ครัวเรือนเกษตรกรยากจนซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักแล้ว ทีมวิจัยยังส่งเสริมให้ครัวเรือนเกษตรกรยากจนได้มีโอกาสแสดงศักยภาพ สื่อสาร และถ่ายทอดความรู้ของตนเองในเวทีสาธารณะระดับท้องถิ่น เช่น การนำครัวเรือนเกษตรกรยากจนกลุ่มเป้าหมายเข้าสู่โครงการหนึ่งตำบล หนึ่งหมู่บ้านยั่งยืน (sustainable village) โดยมีนายอุทัย บุญดำ ประธานกลุ่ม พร้อมด้วยสมาชิกกลุ่มเข้าร่วมแสดงนิทรรศการและนำเสนอผลงานในโครงการประกวดนวัตกรรมเพื่อพัฒนาประชาธิปไตยเชิงคุณภาพ พ.ศ. 2566 ภายใต้ชื่อนิทรรศการ “สินธุ์แพรทอง โมเดล” ซึ่งเป็นโครงการที่สะท้อนถึงกระบวนการมีส่วนร่วมในการจัดการตนเองของชุมชนท้องถิ่นตามวิถีประชาธิปไตย โดยได้รับรางวัลนวัตกรรมในระดับ “ดีมาก” ประเภทชุมชน องค์กร ซึ่งเป็นต้นแบบให้แก่เกษตรกรในพื้นที่และต่างพื้นที่ได้อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งการส่งเสริมให้ครัวเรือนเกษตรกรยากจนเข้าร่วมโครงการดังกล่าว ถือเป็นการสร้างโอกาสและสะท้อนความเข้มแข็งทางวิชาการของมหาวิทยาลัยที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อสังคมได้อย่างแท้จริง

สรุปผลการศึกษา

โครงการ "วิชชายุทธเกษตรสู้จน คนศรีนครินทร์" ดำเนินการในอำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดพัทลุง โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อขจัดความยากจนของครัวเรือนเกษตรกรยากจนในพื้นที่ ผ่านการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องในกิจกรรมพัฒนาอาชีพที่ตรงตามความต้องการของเกษตรกรและมุ่งยกระดับรายได้ให้กับครัวเรือน ซึ่งได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณจาก บพท. โดยมีเกษตรกรยากจนเข้าร่วมโครงการจำนวน 131 ครัวเรือน ผลประโยชน์ที่ประเมินเป็นมูลค่าเงินได้ ได้แก่ กำไรสุทธิจากการจำหน่ายกิ่งตอน กิ่งตอนชำถุง และใบสดจากต้นเหลียงใบใหญ่ รวมถึงการลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารและค่าเช่าที่ดินของครัวเรือนที่ไม่มีที่ดินทำกิน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าโครงการฯ คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยมีผลตอบแทนทางสังคม 1.53 เท่าของงบประมาณ กล่าวคือ ให้ผลตอบแทนทางสังคมคิดเป็น 1.53 บาท ต่องบประมาณ 1 บาท ทำให้ครัวเรือนเกษตรกรยากจนมีสภาพเศรษฐกิจดีขึ้นและมีความสามารถในการพึ่งพาตนเองมากขึ้น ซึ่งเป็นรากฐานสู่ความยั่งยืนในอนาคต อีกทั้งยังสามารถขยายผลไปยังพื้นที่อื่นที่มีบริบทคล้ายคลึงกันได้ โดยเฉพาะในภาคใต้ที่ครัวเรือนเกษตรกรยากจนจำนวนมากทำสวนยางพาราหรือไม้ผล อย่างไรก็ตาม โครงการนี้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาความยากจนได้ทุกพื้นที่ เช่นเดียวกับนโยบายแก้จนระดับประเทศของรัฐบาลที่ยังไม่ได้มุ่งเน้นไปสู่การนำไปปฏิบัติจริงในระดับท้องถิ่นภายใต้บริบทของแต่ละท้องถิ่นและพื้นที่ โดยนัยนี้การปรับนโยบายให้เหมาะสมกับบริบทที่เกี่ยวข้องในระดับจังหวัด อำเภอ หรือชุมชนเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากแต่ละพื้นที่หรือท้องถิ่นอาจมีปัญหาและความต้องการเฉพาะตัว ดังนั้นโครงการต้องปรับให้สอดคล้องกับบริบทเฉพาะที่รายล้อมการดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกรในแต่ละพื้นที่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนในโครงการนี้ใช้เฉพาะข้อมูลที่สามารถประเมินมูลค่าเป็นตัวเงินได้ในช่วงเวลาที่ทำการประเมิน ขณะที่ข้อมูลอื่น ๆ ที่เป็นนามธรรม เช่น ความสุข หรือผลกระทบระยะยาวไม่ได้ถูกนำมาร่วมวิเคราะห์เนื่องจากประเมินมูลค่าเป็นเงินได้ยาก ดังนั้นจึงควรทำการประเมินผลลัพธ์และผลกระทบของโครงการควรทำหลังจากสิ้นสุดโครงการประมาณ 2-3 ปี เพื่อให้ผลลัพธ์และผลกระทบชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากหน่วยบริหารและการจัดการทุนระดับพื้นที่ (บพท.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ชุดโครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาความยากจนแบบเบ็ดเสร็จและแม่นยำในจังหวัดพัทลุงปีที่ 3 โมเดลเกษตร: โครงการย่อยที่ 4 วิชชายุทธเกษตรสู้จน คนศรีนครินทร์ ภายใต้รหัสชุดโครงการวิจัย A11F660109

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: นันทิยา พนมจันทร์, และ เบ็ญจวรรณ บัวขวัญ. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: นันทิยา พนมจันทร์, จตุพร ไกรถาวร, เบ็ญจวรรณ บัวขวัญ, ปวีณา แก้วอุบล, ภานุมาศ พฤติคณี, มาณี แก้วชนิด, และ สรพงค์ เบญจศรี การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล: นันทิยา พนมจันทร์. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: นันทิยา พนมจันทร์, เบ็ญจวรรณ บัวขวัญ, ปวีณา แก้วอุบล, และ สรพงค์ เบญจศรี. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: นันทิยา พนมจันทร์ และปุรวิชญ์ พิทยาภินันท์,. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และ ครุภัณฑ์: ปวีณา แก้วอุบล, และมาณี แก้วชนิด.

เอกสารอ้างอิง

Asfaw, S., Shiferaw, B., Simtowe, F., & Lipper, L. (2012). Impact of modern agricultural technologies on smallholder welfare: evidence from Tanzania and Ethiopia. **Food Policy**, 37(3), 283–295.

Clare, G., Diprose, G., Lee, L., Bremer, P., Skeaff, S., & Mirosa, M. (2023). Measuring the impact of food rescue: a social return on investment analysis. **Food Policy**, 117(1), 102454.

Cooney, K., & Lynch–Cerullo, K. (2014). Measuring the social returns of nonprofits and social enterprises: the promise and perils of the SROI. **Nonprofit Policy Forum**, 5(2), 367–393.

Cunguara, B., & Moder, K. (2011). Is agricultural extension helping the poor?: evidence from rural Mozambique. **Journal of African Economies**, 20(4), 562–595.

Danso-Abbeam, G., Ehiakpor, D. S., & Aidoo, R. (2018). Agricultural extension and its effects on farm productivity and income: insight from northern Ghana. **Agriculture and Food Security**, 7(74), 1-10.

Davis, K., Nkonya, E., Kato, E., Mekonnen, D. A., Odendo, M., Miiro, R., & Nkuba, J. (2012). Impact of farmer field schools on agricultural productivity and poverty in East Africa. **World Development**, 40(2), 402–413.

Elias, A., Nohmi, M., Yasunobu, K., & Ishida, A. (2013). Effect of agricultural extension program on smallholders' farm productivity: evidence from three peasant associations in the highlands of Ethiopia. **Journal of Agricultural Science**, 5(8), 163–181.

Gebrehiwot, K. G. (2015). The impact of agricultural extension on households' welfare in Ethiopia. **International Journal of Social Economics**, 42(8), 733–748.

Kuldilok, K., Premasathian, A., & Limsombunchai, W. (2024). Outcomes and impact assessment of development and community tourism and product development for supporting grassroot economy and wellness tourism research project. **Applied Economics, Management and Social Sciences**, 1(1), 84–103. (in Thai).

Nicholls, J., Lawlor, E., Neitzert, E., & Goodspeed, T. (2012). **A Guide to Social Return on Investment**. The SROI Network. https://socialvalueselfassessmenttool.org/wp-content/uploads/intranet/758/pdf-guide.pdf

Office of the National Economic and Social Development Council. (2018). **National Strategy 2018–2037**. Retrieved from: http://nscr.nesdc.go.th/wp-content/uploads/2023/06/NS_PlanOct2018.pdf. (in Thai).

Office of the National Economic and Social Development Council. (2023). **Poverty and Inequality Report 2022**. Retrieved from: https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=14557. (in Thai).

Office of the National Economic and Social Development Council. (2024a). **Statistics on Poverty and Income Distribution**. Retrieved from: https://www.nesdc.go.th/main.php?filename=social. (in Thai).

Office of the National Economic and Social Development Council. (2024b). **Gross Regional and Provincial Product Chain Volume Measure 2022 Edition**. Retrieved from: https://www.nesdc.go.th/main.php?filename=gross_regional. (in Thai).

Saeteaw, W., Onthong, J., & Khawmee, K. (2021). Soil properties and organic carbon composition using infrared techniques in rubber growing soil under different rubber–based intercrops. **Thai Science and Technology Journal**, 29(5), 880–892. (in Thai).

Saeteng, P., Onthong, J., & Khawmee, K. (2022). Nutrient status in rubber growing soil, rubber leaf and nutrient concentration in latex under different rubber-based intercropping plantation. **Journal of Applied Science and Emerging Technology**, 21(1), 1–20. (in Thai).

Thailand United Nations. (2024). **The Sustainable Development Goals in Thailand: No Poverty**. Retrieved from: https://thailand.un.org/en/sdgs/1.

Vijitsrikamol, K. (2021). **Assessing the Impact of Research and Development: Basic Principles and Practices**. Knowledge Network Institute of Thailand. (in Thai).

Wonde, K. M., Tsehay, A. S., & Lemma, S. E. (2022). Training at farmers training centers and its impact on crop productivity and households' income in Ethiopia: a propensity score matching (PSM) analysis. **Heliyon**, 8(7), e09837.

การยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ข้าว อำเภอเมืองอำนาจเจริญ จังหวัดอำนาจเจริญ

The Acceptance of Internal Control System (ICS) on Organic Rice Production of Large Scale Rice Farmers in Mueang Amnatcharoen District, Amnatcharoen Province

เบญจมาภรณ์ จันทรเสนา[1], พัชราวดี ศรีบุญเรือง[1*] และชลาธร จูเจริญ[1]
Benchamaporn Chantarasena[1], Patcharavadee Sriboonruang[1*] and Chalathon Choocharoen[1]
Received date: 15 พ.ย. 67 Revised date: 12 ม.ค. 68 Accepted date: 22 ม.ค. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265005

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ข้อมูลสมาชิกแปลงใหญ่ข้าว 2) ความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) 3) การยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ 4) ความแตกต่างของปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ข้อมูลสมาชิกแปลงใหญ่ข้าว ความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ที่มีผลต่อการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ และ 5) ปัญหาและข้อเสนอแนะประชากร ได้แก่ เกษตรกรสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ อำเภอเมืองอำนาจเจริญ จังหวัดอำนาจเจริญ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 111 ราย โดยใช้แบบสัมภาษณ์ พบว่า เกษตรกรส่วนมากเป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 58.25 ปี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา มีจำนวนแรงงานในการปลูกข้าว 1 – 2 คน พื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 5.70 ไร่ ใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งหมด ต้นทุนในการผลิตข้าวเฉลี่ย 3,665.32 บาท/ไร่/ฤดูกาล มีรายได้จากการจำหน่ายข้าวเฉลี่ย 6,025.00 บาท ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 401.26 กิโลกรัม/ไร่/ฤดูกาล โดยเป็นสมาชิกแปลงใหญ่ข้าวเฉลี่ย 4.32 ปี มีความรู้ และการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ยอยู่ในระดับที่มาก การทดสอบสมมติฐาน พบว่า อายุ ที่แตกต่างกัน มีการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และระดับการศึกษา การเป็นสมาชิกแปลงใหญ่ข้าว ความรู้เกี่ยวกับระบบความคุมภายใน (ICS) ที่แตกต่างกัน มีการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ปัญหาต่อการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ พบว่า สมาชิกยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดทำเอกสาร และจดบันทึกข้อมูล ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการจัดทำระบบควบคุมภายใน
คำสำคัญ: การยอมรับ ระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ข้าวอินทรีย์ เกษตรกร แปลงใหญ่ข้าว

Abstract

The objectives of this research were to study: 1) personal factors socio-economic factors, 2) knowledge of Internal Control System (ICS), 3) the acceptance of Internal Control System (ICS) on organic rice production, 4) difference of personal factors, socio-economic factors, information on members of large-scale rice farms, large scale knowledge of Internal Control System (ICS) that affect the acceptance of Internal Control System (ICS) on organic rice production, and 5) problems and suggestions.

The population consisted of farmers who were members of the large-scale rice farming group in Mueang District, Amnat Charoen Province. The sample size was 111 people. The data gathering tool was an interview form. The results of the study concluded that most farmers were male, with an average age of 58.25 years, an education level in secondary education, and the number of workers in rice cultivation of 1 - 2 people. The average organic rice cultivation area is 5.70 rai. For rice varieties, all used White Jasmine 105. The average cost of rice production was 3,665.32 baht/rai/season. The average income from selling rice was 6,025.00 baht. The average rice production was 401.26 kilograms/rai/season. They were members of large-scale rice farming for an average of 4.32 years. Farmers' knowledge and acceptance of the group ICS for organic rice production was at a high level. The problem of accepting the group ICS for organic rice production was at a low level. The results of the hypotheses testing found that age had different effects on the acceptance of the group ICS according to the organic rice production system at a significant level of 0.01. Educational level, membership in large-scale

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
[1] Department of Agricultural Extension and Communication, Kasetsart University, Lat Yao District, Bangkok 10900
* Corresponding author: fagrpds@ku.ac.th

rice farming, and knowledge of the internal control system (ICS) had different effects on the acceptance of the group ICS according to the organic rice production system at a significant level of 0.05. The problem with accepting the group ICS according to the organic rice production system was that members still lacked knowledge and understanding of the internal control system, document preparation, and data recording, which were obstacles to the establishment of the internal control system.
Keywords: acceptance, Internal Control System (ICS), organic rice, farmers, large scale rice

คำนำ

เกษตรอินทรีย์ เป็นรูปแบบการผลิตโดยพิจารณาถึงคุณภาพ และความปลอดภัยในผลผลิตสำหรับผู้บริโภคและผู้ผลิต ปัจจุบันเกษตรอินทรีย์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากค่านิยมการดูแลสุขภาพทำให้คนหันมาสนใจบริโภคสินค้าอินทรีย์เพิ่มขึ้น และได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลมุ่งเน้นให้มีการผลิตเพิ่มมากขึ้น ส่งเสริมตลาดโดยเน้นบูรณาการจากทุกภาคส่วน เพื่อให้เกษตรอินทรีย์ดำเนินการไปได้อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579) การสร้างความสามารถในด้านการแข่งขันที่ต้องการเปลี่ยนแปลงประเทศไทยไปสู่การเกษตรปลอดภัยที่มุ่งเน้นการสร้างความเข้าใจแก่ผู้ผลิตและผู้บริโภคทั่วโลกในเรื่องความสำคัญของมาตรฐานการจัดการความปลอดภัยด้านอาหาร จูงใจและวางกรอบให้เกษตรกรผลิตสินค้าที่เป็นไปตามมาตรฐาน (Office of the National Economic and Social Development Council, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของกรมส่งเสริมการเกษตรที่มุ่งสนับสนุนพัฒนาสินค้าเกษตรให้ได้มาตรฐาน ส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาการผลิตเพื่อให้สินค้าได้รับการรับรองมาตรฐานคุณภาพ เช่น มาตรฐาน GAP เกษตรอินทรีย์ และมาตรฐานต่างๆ ทั้งตลาดในและต่างประเทศ รวมถึงส่งเสริมให้ผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย ปลูกฝังพื้นฐานเรื่องการผลิตทางการเกษตร นำไปสู่การยกระดับระบบมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อให้เกิดความยั่งยืน (Department of Agricultural Extension, 2017)

จังหวัดอำนาจเจริญ มีเนื้อที่การใช้ประโยชน์ทางการเกษตร 1,453,138 ไร่ (Office of Agricultural Economics, 2019) โดยในปี พ.ศ. 2565 อำเภอเมืองอำนาจเจริญมีพื้นที่การปลูกข้าวทั้งสิ้นรวม 335,256 ไร่ (Department of Agricultural Extension, 2022) เป็นเกษตรกรทำนา ถึงร้อยละ 95 รองลงมา ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง และอ้อยโรงงาน ตามลำดับ (Amnatcharoen Provincial Agricultural Extention Office, 2022) จากการที่เกษตรกรปลูกข้าวทุกปีส่งผลให้มีปัญหาด้านสุขภาพเป็นผลมาจากใช้สารเคมีเป็นเวลานาน มีค่าครองชีพในครอบครัว และการรักษาพยาบาลสูง เป็นเหตุผลที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตข้าว เริ่มใช้กระบวนการผลิตแบบอินทรีย์มากขึ้น (Thammasri, 2021) แต่อย่างไรก็ตาม เกษตรกรรายย่อยยังไม่ได้รับประโยชน์จากการเติบโตของตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์มากนัก เนื่องจากมีรายได้น้อย และมีจำนวนมากสามารถเข้าสู่ระบบมาตรฐานได้น้อยราย สำนักงานเกษตรจังหวัดอำนาจเจริญจึงได้นำแนวทางการรับรองแบบกลุ่ม ตามนโยบายกรมการข้าว ที่ได้นำแนวทางการตรวจรับรองมาตรฐานแบบกลุ่มมาใช้ในการตรวจข้าวอินทรีย์ เพื่อแก้ไขปัญหาผู้ตรวจประเมินที่ไม่เพียงพอกับจำนวนแปลงที่ขอรับรองเป็นจำนวนมาก ประหยัดเวลาและงบประมาณในการตรวจรับรองได้มาก (Department of Rice, 2017) การพัฒนาเกษตรกรเข้าระบบควบคุมภายในสำหรับการรับรองการผลิตข้าวอินทรีย์แบบกลุ่ม ICS โดยมีผู้เข้าร่วมโครงการและผ่านการตรวจรับรองมาตรฐาน รวมทั้งสิ้น 558 ราย จำนวนพื้นที่ที่ได้รับการรับรอง 9,080 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.71 ของพื้นที่การปลูกข้าวทั้งหมดของอำเภอเมืองอำนาจเจริญ แต่อย่างไรก็ตาม เกษตรกรรายย่อยยังไม่ได้รับประโยชน์จากการเติบโตของตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์มากนัก เนื่องจากเกษตรกรรายย่อยยังมีจำนวนมาก รายได้น้อย และสามารถเข้าสู่ระบบมาตรฐานได้น้อยราย จึงทำให้มีขีดจำกัดในการผลิตสินค้าให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการสนับสนุนให้เกษตรกรมีการรวมกลุ่ม การบริหารจัดการร่วมกัน เพื่อให้เกิดการรวมกันผลิตและรวมกันจำหน่าย สร้างความเข้มแข็งให้กับกลุ่ม เพิ่มอำนาจต่อรองทางการค้า สร้างความยั่งยืนในการผลิต

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเรื่องการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ข้าวจังหวัดอำนาจเจริญ เพื่อนำข้อมูลมาใช้เป็นแนวทางสำหรับวางแผนพัฒนาการจัดทำระบบความคุมภายในกลุ่ม ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ และสนับสนุนให้ได้รับการรับรองมาตรฐานการผลิตข้าวอินทรีย์ (Organic Thailand) เพิ่มขึ้น

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ เกษตรกรสมาชิกกลุ่มนาแปลงใหญ่ อำเภอเมืองอำนาจเจริญ จังหวัดอำนาจเจริญ จำนวนทั้งสิ้น 155 ราย กลุ่มที่ยังไม่ได้รับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Mueang Amnatcharoen District Agricultural Extension Office, 2023) ใช้วิธีการคำนวณขนาดตัวอย่าง (Sample Size) โดยใช้การคำนวณสูตรของ Krejcie and Morgan (Krejcie and

Morgan, 1970) ได้จำนวนทั้งสิ้น 111 ราย โดยแบ่งเป็น แปลงใหญ่ข้าวก้าวใหม่ไทยนายม 27 ราย แปลงใหญ่ข้าวหมู่ 1,7 ตำบลนาหมอม้า 22 ราย แปลงใหญ่ข้าว หมู่ 1 ตำบลนายม 62 ราย โดยใช้สูตรของ Nagtalon (Nagtalon, 1983) ในการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตามสัดส่วน แล้วทำการสุ่มตัวอย่างแต่ละตำบล โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับฉลากเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างครบจำนวนตามที่กำหนดไว้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์ปลายปิดและปลายเปิด แบ่งเป็น 5 ตอน คือ (1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม (2) ข้อมูลเกี่ยวกับแปลงใหญ่ข้าว (3) ความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) (4) การยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ (5) ปัญหาและข้อเสนอแนะ เก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคม 2567 - กรกฎาคม 2567

การทดสอบเครื่องมือ ตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ จากนั้นทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) นำแบบสัมภาษณ์ไปทดสอบกับตัวแทนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 30 ตัวอย่าง และวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น KR-20 ตามแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder and Richardson, 1937) ความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ได้เท่ากับ 0.767 และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach, 1970) การยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ ได้ค่าเท่ากับ 0.892 และปัญหาต่อการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ ได้ค่าเท่ากับ 0.934

การแปลความหมายของความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) กำหนดการวัดแบบอันตรภาคชั้น (Interval scale) (Niyamangkul, 2013) แบ่งระดับความรู้ของเกษตรกร จากคำถามจำนวน 20 ข้อ ดังนี้ ช่วงคะแนน 14 - 20 คือ ระดับความรู้มาก ช่วงคะแนน 7 -13 คือ ระดับความรู้ปานกลาง ช่วงคะแนน 0 – 6 คือ ระดับความรู้น้อย

การแปลความหมายของการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ กำหนดการวัดแบบอันตรภาคชั้น (Interval Scale) (Niyamangkul, 2013) แบ่งระดับการยอมรับจากคำถามทั้งหมด 20 ข้อ โดยหากเกษตรกรมีความคิดเห็นด้วยมาก ได้ 3 คะแนน ความคิดเห็นด้วยปานกลาง ได้ 2 คะแนน ความคิดเห็นด้วยน้อย ได้ 1 คะแนน โดยมีช่วงคะแนนเฉลี่ยดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 2.35 - 3.00 คือ ความคิดเห็นด้วยมาก คะแนนเฉลี่ย 1.68 - 2.34 คือ ความคิดเห็นด้วยปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.67 คือ ความคิดเห็นด้วยน้อย

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 1) การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ของปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม ข้อมูลสมาชิกแปลงใหญ่ข้าว ความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร การยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ ดังนี้ ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด 2) วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม ข้อมูลสมาชิกแปลงใหญ่ และความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) กับการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ใช้ค่าสถิติ F-test, t-test และ LSD ทดสอบ สำหรับค่านัยสำคัญทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้กำหนดไว้ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05, 0.01 (Niyamangkul, 2013)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ตอนที่ 1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ยเท่ากับ 58.25 ปี จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษา ในครัวเรือนมีสมาชิกจำนวน 1 – 4 คน มีประสบการณ์เฉลี่ย 3.87 ปี จำนวนแรงงานในการปลูกข้าว 1 – 2 คน ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และเครือข่ายวิสาหกิจชุมชน สอดคล้องกับ Sukprawit (2024) ทำการศึกษาการส่งเสริมการผลิตปาล์มน้ำมันรูปแบบแปลงใหญ่ของเกษตรกร อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพรพบว่าส่วนมากเป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 59.15 ปี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และสอดคล้องกับ Pinya (2019) ได้ทำการศึกษาเรื่องการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวในพื้นที่อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย พบว่า ในครัวเรือนมีสมาชิกเฉลี่ย 4 คน

พื้นที่ทำนาอินทรีย์ของเกษตรกรเฉลี่ย 5.70 ไร่ เกษตรกรใช้ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งหมด มีต้นทุนในการผลิตข้าวเฉลี่ย 3,665.32 บาท/ไร่/ฤดูกาลผลิต มีรายรับจากการจำหน่ายข้าวเฉลี่ย 6,025 บาท/ไร่/ฤดูกาลผลิต ปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ย 401.26 กิโลกรัม/ไร่/ฤดูกาลผลิต นอกจากนี้ยังสอดคล้อง Mueang Amnatcharoen District Agricultural Extension Office. (2023) ได้ทำการวัดผลผลิตข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 ของเกษตรกรอำเภอเมืองอำนาจเจริญ จังหวัดอำนาจเจริญ มีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 400 กิโลกรัม/ไร่/ฤดูกาลผลิต

ตอนที่ 2 ความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการจัดทำระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS)

เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ในระดับมาก ($\bar{x}$ 0.75) แยกเป็นรายข้อ พบว่า มีความรู้ ระดับมาก 16 ข้อ โดย 3 อันดับแรกมีคะแนนเฉลี่ยสูง คือ ข้อที่ 15 เกษตรกรต้องกำหนดขั้นตอนการผลิตกลุ่ม ว่าดำเนินงานแบบใดบ้าง เช่น การเลือกพื้นที่ การเตรียมสถานที่ การคัดเลือกพันธุ์ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และการแปรรูป ($\bar{x}$ 0.97) ข้อที่ 17 ต้องคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ ให้ผลิตผลสูง ต้านทานโรค มีคุณภาพตรงตามที่ตลาดต้องการ โดยส่วนใหญ่จะจัดหาด้วยการซื้อจากแหล่งที่มีมาตรฐาน น่าเชื่อถือ ($\bar{x}$ 0.95) และข้อที่ 12 เกษตรกรต้องได้รับการตรวจแปลงผลิตข้าวอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง จากผู้ตรวจสอบแปลงภายใน ($\bar{x}$ 0.91)

มีความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ระดับปานกลาง 5 ข้อ คือ ข้อที่ 13 สมาชิกได้รับผลตรวจสอบแปลงจากคณะกรรมการรับรอง ภายใน 30 วัน ($\bar{x}$ 0.39) ข้อที่ 14 ผลการพิจารณาการรับรองของคณะกรรมการ มี 2 ลักษณะคือ รับรอง และไม่รับรอง ($\bar{x}$ 0.34) ข้อที่ 7 กรณีที่เกษตรกรไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานอินทรีย์ข้าว หรือกฎระเบียบของกลุ่ม จะถูกยกเลิกการเป็นสมาชิกของกลุ่มทันที สอดคล้องกับการศึกษาของ Kummanid et al. (2023) ได้ศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ระบบควบคุมภายในตามการปฏิบัติเกษตรที่ดีเหมาะสมแบบกลุ่มของเกษตรกร ที่ได้รับการส่งเสริมโดยบริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด พบว่าส่วนมากมีการรับรู้ในเรื่องของระบบควบคุมภายในระดับรับรู้มาก โดยมีความรับรู้น้อยที่สุด เกษตรกรมีความรับรู้น้อยที่สุดด้านกฎระเบียบภายในกลุ่มที่ระบุกรณีเกษตรกรที่โดนยกเลิก หรือประสงค์จะยกเลิก ข้อที่ 19 พาหนะและอุปกรณ์ในการขนย้ายต้องสะอาด และเมื่อขนย้ายแล้วสามารถวางผลผลิตใกล้กับที่วางสารเคมีได้ ($\bar{x}$ = 0.62) และข้อที่ 20 เมื่อพบศัตรูพืชสามารถใช้สารป้องกันกำจัดได้ทันที ($\bar{x}$ = 0.63)

ภาพรวมการวิเคราะห์ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าส่วนมากมีความรู้ระดับมากร้อยละ 82.00 นอกนั้นมีความรู้ระดับปานกลางร้อยละ 18.00 และมีคะแนนเฉลี่ย 15.28 คะแนน ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Number and percentage of level of knowledge of Internal Control System (ICS)

(n= 111)

Level of knowledge of Internal Control System (ICS)	Number	Percentage
High (14 - 20)	91	82.00
Moderate (9 - 13)	20	18.00
Mean = 15.28 S.D. = 2.32 Minimum = 9 Maximum = 20		

ตอนที่ 3 การยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ของเกษตรกร

การยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 2.75) แยกเป็นรายด้าน พบว่า การยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ด้านทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 2.78) โดยเฉพาะประเด็นที่เกษตรกรคิดว่าระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ทำให้ท่านมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดี ทำให้ลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มคุณภาพผลผลิต ช่วยให้ได้การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ได้ง่ายขึ้น และช่วยรักษาระบบนิเวศในนาข้าว ($\bar{x}$ = 2.80) สอดคล้องกับ Kotiram (2020) ได้ศึกษา เรื่องการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในตำบลกันทรารมย์ อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่าเกษตรกรมีความคิดเห็นด้วยมากที่สุด ประเด็น การทำนาอินทรีย์ลดการปนเปื้อนสารเคมีในนา ถัดมาคือข้าวอินทรีย์ทำให้ผู้ผลิต และผู้บริโภค มีสุขภาพดีขึ้น ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน ช่วยลดต้นทุนการผลิต

ถัดมาคือ ด้านการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่เกิดจากการใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 2.77) เท่ากัน และด้านทัศนคติที่มีต่อความตั้งใจใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับมากเช่นกัน ($\bar{x}$ = 2.68) Table 2

Table 2 Mean ($\bar{x}$) standard deviation (S.D.) and opinion level of the acceptance of Internal Control System (ICS) on organic rice production of large scale rice farmers

(n=111)

The Acceptance of Internal Control System (ICS) on Organic Rice Production of Large Scale Rice Farmers	$\bar{x}$	S.D.	Opinion
1. Perceived Ease of Use	2.77	0.429	High
2. Perceived Usefulness	2.77	0.451	High
3. Attitude	2.78	0.414	High
4. Intention to Use	2.68	0.493	High
Overall Opinion toward Acceptance of Internal Control System (ICS)	2.75	0.446	High

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมมติฐานในการวิจัย

ภาพรวมการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ ด้านการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน พบว่า เกษตรกรที่มีอายุช่วง 32 – 55 ปี และช่วงอายุ 56- 69 ปี จะมีการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ แตกต่างกับเกษตรกรที่มีอายุช่วง 70 ปีขึ้นไป และพบว่าเกษตรกรระดับการศึกษาปริญญาตรี ระดับการศึกษามัธยมศึกษา และระดับการศึกษาปวช./ปวส. จะมีการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ แตกต่างกับระดับการศึกษาประถมศึกษา ภาพรวมการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่เกิดจากการใช้งาน พบว่า ระดับการศึกษามัธยมศึกษา ปวช./ปวส. และระดับการศึกษาปริญญาตรี จะมีการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ แตกต่างกับระดับการศึกษาประถมศึกษา

ภาพรวมการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่เกิดจากการใช้งาน พบว่า ระยะเวลาการเป็นสมาชิกแปลงใหญ่ข้าวแตกต่างกันมีการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ แตกต่างกัน (p-value < 0.05) โดยเกษตรกรที่เป็นสมาชิกแปลงใหญ่ข้าว 4 ปีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ยการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ การรับรู้ถึงประโยชน์ที่เกิดจากการใช้งาน มากกว่าระยะเวลาการเป็นสมาชิกแปลงใหญ่ข้าว 1 – 3 ปี และภาพรวมการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ ด้านการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน พบว่า ความรู้เกี่ยวกับการทำระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) แตกต่างกันมีการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ที่แตกต่างกัน (p-value < 0.05) โดยเกษตรกรที่มีความรู้ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์ การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน ($\bar{x}$ = 2.71) มากกว่า เกษตรกรที่มีความรู้มาก ($\bar{x}$ = 2.54) วิจารณ์ ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Comparing averages of the acceptance of Internal Control System (ICS) on organic rice production of large-scale rice farmers classified by personal factors socioeconomic factors Information about large scale and knowledge of Internal Control System (ICS) (n = 111)

Factors	The Acceptance of Internal Control System (ICS) on Organic Rice Production of Large Scale Rice Farmers							
	Perceived Ease of Use		Perceived Usefulness		Attitude		Intention to Use	
	$\bar{x}$	P-value	$\bar{x}$	P-value	$\bar{x}$	P-value	$\bar{x}$	P-value
Age								
32 – 55 years	2.68	0.001**	2.72	0.355	2.77	0.895	2.66	0.696
56 – 69 years	2.55		2.62		2.79		2.71	
70 years or more	2.25		2.65		2.80		2.65	
Education level								
Primary school	2.41	0.016*	2.51	0.013*	2.79	0.908	2.71	0.146
High school	2.65		2.75		2.78		2.69	
Vocational Certificate/High Vocational	2.50		2.63		2.73		2.43	
Certificate								
Bachelor's degree	2.67		2.53		2.80		2.71	
Member of a large-scale rice								
1 – 3 years	2.60	0.258	2.62	0.045*	2.78	0.905	2.69	0.650
4 years or more	2.51		2.74		2.78		2.66	
Level of knowledge of Internal Control Systems (ICS)								
High (14 - 20)	2.71	0.028*	2.72	0.471	2.80	0.645	2.71	0.500
Moderate (7 - 13)	2.54		2.65		2.78		2.67	

* = Significance level at 0.05, ** = Significance level at 0.01

ตอนที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัญหาการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS)

ปัญหาต่อการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์โดยรวมอยู่ในระดับที่น้อย ($\bar{x}$ = 1.66) แยกเป็นรายด้าน พบว่า ปัญหาการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ด้านการจัดทำเอกสาร อยู่ในระดับที่น้อย ($\bar{x}$ = 1.98) รองลงมา คือ ด้านกระบวนการผลิต อยู่ในระดับที่น้อย ($\bar{x}$ = 1.57) และด้านคุณสมบัติของกลุ่มเกษตรกรโดยรวมอยู่ในระดับที่น้อย ($\bar{x}$ = 1.45) สอดคล้องกับ Suriya (2015) ได้ทำการศึกษา แนวทางการพัฒนาและส่งเสริมการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสมสำหรับการผลิตเงาะของสมาชิกสหกรณ์ส่งเสริมธุรกิจภาคการเกษตรจังหวัดตราด จำกัด พบว่า ปัญหาสำคัญของสมาชิก คือ ด้านการบันทึกข้อมูล เนื่องจากไม่มีเวลาในการบันทึกและแบบบันทึกมีความยุ่งยาก และไม่เข้าใจ วิธีการบันทึก ข้อเสนอแนะ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการตัวอย่างการกรอกข้อมูลเกี่ยวกับระบบควบคุมภายใน จึงอยากให้จัดทำคู่มือตัวอย่างการกรอกไว้ให้เป็นตัวอย่าง เนื่องจากภาษาที่ใช้ในแบบฟอร์มมีความซับซ้อนทำให้เกษตรกรอาจเข้าใจคลาดเคลื่อน ทำให้กรอกข้อมูลผิดได้

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรส่วนมากเป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 58.25 ปี สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษา โดยมีประสบการณ์ทำนาอินทรีย์เฉลี่ย 3.87 ปี มีจำนวนแรงงานในการปลูกข้าว 1 – 2 คน ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรเฉลี่ย 5.7 ไร่ เกษตรกรใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปลูกทั้งหมด ในการผลิตข้าวมีต้นทุนเฉลี่ย 3,665.32 บาท/ไร่/ฤดูกาลผลิต รายได้การจำหน่ายข้าวเฉลี่ย 6,025 บาท/ไร่/ฤดูกาลผลิต ปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ย 401.26 กิโลกรัม/ไร่/ฤดูกาลผลิต ใช้สินเชื่อจากธนาคาร ธ.ก.ส. เป็นแหล่งเงินทุนในการปลูกข้าวมากที่สุด ส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม การเป็นสมาชิกแปลงใหญ่ข้าว ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกแปลงใหญ่ข้าว 4 ปีขึ้นไป โดยเป็นสมาชิกแปลงใหญ่ข้าวเฉลี่ย 4.32 ปี มีความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมภายในกลุ่ม

(ICS) โดยรวมเฉลี่ยระดับมาก การยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์โดยรวมค่าเฉลี่ยระดับมาก ปัญหาการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) การผลิตข้าวอินทรีย์โดยรวมค่าเฉลี่ยระดับน้อย

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า อายุ ที่แตกต่างกัน มีการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และระดับการศึกษา การเป็นสมาชิกแปลงใหญ่ข้าว ความรู้เกี่ยวกับระบบความคุมภายใน (ICS) ที่แตกต่างกัน มีการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ปัญหาการยอมรับระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ คือ สมาชิกยังขาดความเข้าใจเรื่องระบบควบคุมภายใน การจัดทำเอกสาร และจดบันทึกข้อมูล เป็นอุปสรรคต่อการจัดทำระบบควบคุมภายใน

ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรแบ่งสรรงบประมาณเพื่อจัดทำการฝึกอบรม สร้างการรับรู้ถึงประโยชน์และการทำระบบควบคุมภายในกลุ่ม (ICS) ตามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ และสนับสนุนให้มีการเข้าถึงเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการรับรองมาตรฐานมากขึ้น จัดทำคู่มือ ตัวอย่างการกรอกข้อมูล เกี่ยวกับระบบควบคุมภายใน และความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานด้านเกษตร

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม (idea) และ สมมุติฐาน: เบญจมาภรณ์ จันทรเสนา. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ Criteria: พัชราวดี ศรีบุญเรือง, เบญจมาภรณ์ จันทรเสนา, ชลาธร จูเจริญ. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล: เบญจมาภรณ์ จันทรเสนา. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้หรือทฤษฎีเดิม: พัชราวดี ศรีบุญเรือง, เบญจมาภรณ์ จันทรเสนา, ชลาธร จูเจริญ. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript ผลงานสร้างสรรค์ นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์: พัชราวดี ศรีบุญเรือง, เบญจมาภรณ์ จันทรเสนา, ชลาธร จูเจริญ.

เอกสารอ้างอิง

Amnatcharoen Provincial Agricultural Extention Office. (2022). **Information for the Development of Amnat Charoen Province**. Retrieved from: https://drive.google.com/file/d/1G9Bg8qMaRBaDfKkM5Qg-QjZXcf9WtESd/view

Cronbach, L. J. (1970). **Essentials of Psychological Testing**. 3rd Ed. Harper and Row.

Department of Agricultural Extension. (2017). **The Long-term 20-Year. National Strategy is divided into Several 5-Year Operational Plans.** Retrieved from: https://infocenter.doae.go.th/wp-content/uploads/2018/06/ The Long-term 20-Year.pdf. (in Thai).

Department of Agricultural Extension. (2022). **Report on the Results of Registration of Farmers In-season Rice according to Plot Location, Year 2022/23**. Retrieved from: https://farmer.doae.go.th/report/report66/report _rice_66_fmdfbd_ ap/37/01/. (in Thai).

Department of Rice. (2017) **Guide to Operating Criteria for the Organic Rice Production Promotion Project Year 2017**. (in Thai).

Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. **Educational and Psychological Measurement**, 30(3), 607 – 610.

Kuder, G. F., & Richardson, M. W. (1937). The theory of estimation of test reliability. **Psychometrika**, 2(3), 151-160.

Kummanid, J., Khantho, N., Jaroenpanichsanti, T., Chumwong, P., & Pongkantha, N. (2023). Factors affecting the perceptions on internal control system of good agricultural practice groups of growers in Doi Kham Company. **Maejo Journal of Agricultural Production**, 5(1), 165-175. (in Thai).

Kotiram, P. (2020). Extension of Organic Rice Production of Farmers in Kanthararom Sub-district, Krasang District, Buri Ram Province. In **The 10th STOU National Research Conference**, pp. 1495-1504. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai).

Mueang Amnatcharoen District Agricultural Extension Office. (2023). **Information on the Number of Farmers of Large Scale Rice.** Available Source: https://co-farm.doae.go.th/report_1list.php, February 2023. (in Thai).

Nagtalon, J. A. (1983). **The Agriculture Education Curriculum and the Quality of Graduates of a Я. Selected Agricural College and Universities in the Philippines.** Unpublished Ph.D. Disertaion, UPLB, College

Niyamangkul, S. (2013). **Research Methodology and Statistics.** Book 2 You Publishing. (in Thai).

Office of the National Economic and Social Development Council. (2019) **20-year National Strategy.** Retrieved from: https://www.nesdc.go.th/download/document/SAC/NS_SumPlanOct2018.pdf. (in Thai).

Office of Agricultural Economics. (2019) **Area of Agricultural Use**. Retrieved from: https://www.oae.go.th/assets/portal/1/files/socio/LandUtilization2562.pdf

Pinya, T. (2019). **Decision Making on the Participation in the Large Agricultural Extension System Project of Rice Farmers in Wiang Pa Pao District, Chiang Rai Province.** Master's Thesis. Maejo University. (in Thai).

Sukprawit, W. (2024). Extension of palm oil production in collaborative farming, Thasae District, Chumphon Province**. Journal of Roi Kaensarn Academi**, 9(5), 248-263. (in Thai).

Suriya, W. (2015) **Approaches to Promoting and Developing Appropriate Good Agricultural Practices for Rambutan Producers who are Members of Trat Province Agro-business Promotion Cooperative Ltd**. Master's Thesis. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai).

Thammasri, W. (2021). The impacts of health and environmental from agricultural chemicals of Thai farmers. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 39(4), 329-336. (in Thai).

ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของข้าวพันธุ์หอมวารินที่ปลูกในดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

Phosphorus Use Efficiency on Yield and Economic Returns of HomWarin Rice Variety Grown in Low Fertility Sandy Soil

ภูมิศาสตร์ บุญพงษ์[1], ปรียาภรณ์ ภางาม[1], นพมาศ นามแดง[1], ฉันทมาศ เชื้อแก้ว[1] และสุรีพร เกตุงาม[1*]

Phumisat Boonphong[1], Preeyaporn Pangam[1], Nopamas Namdang[1], Chantamart Chueakaew[1] and Sureeporn Katengam[1*]

Received date: 13 ม.ค. 68 Revised date: 12 มี.ค. 68 Accepted date: 23 มี.ค. 68

DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265839

บทคัดย่อ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของข้าวพันธุ์หอมวารินในดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส 5 ระดับ ได้แก่ 0, 4, 8, 12 และ 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ พร้อมใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียม อัตรา 18 และ 15 กิโลกรัม N และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ แบ่งใส่ปุ๋ย 3 ระยะ คือ ระยะตั้งตัว ระยะแตกกอ และระยะตั้งท้อง ผลการศึกษาพบว่า อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อรวงและผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อความสูง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และน้ำหนักฟางแห้ง โดยปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้ข้าวหอมวารินมีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงสุด (131.01 เมล็ด) และผลผลิตสูงสุด (635.25 กิโลกรัมต่อไร่) ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ที่ให้ผลผลิต 618.36 กิโลกรัมต่อไร่ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยในการให้ผลผลิตลดลงเมื่อมีการใช้อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น โดยอัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ประสิทธิภาพสูงสุด (8.97 กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมฟอสฟอรัส) รองลงมาคืออัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (8.02 กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมฟอสฟอรัส) ซึ่งให้ผลตอบแทนส่วนเพิ่มสูงสุด (217.83%) ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวหอมวารินในดินทรายอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยให้ผลผลิตสูง มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยดี และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูงสุด

คำสำคัญ: ข้าว ผลผลิต ปุ๋ยฟอสฟอรัส ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Abstract

Phosphorus (P) is a critical nutrient for rice (*Oryza sativa* L.) growth and productivity. This study investigated the effects of varying P fertilizer rates on grain yield, yield components, phosphorus use efficiency (PUE), and economic returns for the HomWarin rice variety cultivated in low-fertility sandy soil. A field experiment was conducted using a randomized complete block design (RCBD) with three replications and five P application rates: 0, 4, 8, 12, and 16 kg P_2O_5 per rai. All treatments received uniform applications of nitrogen (18 kg N/rai) and potassium (15 kg K_2O/rai) in three split doses at establishment, tillering, and panicle initiation stages. Results revealed significant differences ($p \leq 0.05$) in grain yield and yield components among P rates, while plant height, tiller number per hill, panicle number per hill, panicle length, 1,000-grain weight, and straw yield were unaffected. The highest grain yield (635.25 kg/rai) and spikelet number per panicle (131.01) were achieved with 16 kg P_2O_5/rai, but these results were statistically similar to the yield at 12 kg P_2O_5/rai (618.36 kg/rai). Phosphorus use efficiency declined with increasing P application rates, with the highest efficiency (8.97 kg grain/kg P) observed at 4 kg P_2O_5/rai, followed by 12 kg P_2O_5/rai (8.02 kg grain/kg P). The marginal rate of return was maximized (217.83%) at 12 kg P_2O_5/rai, which also provided the optimal balance between high yield, phosphorus use efficiency, and economic returns. These findings suggest that applying P fertilizer at 12 kg P_2O_5/rai is the most effective rate for maximizing grain yield phosphorus use efficiency and economic benefits in HomWarin rice grown under low-fertility sandy soil conditions.

Keywords: rice, yield, phosphorus fertilizers, phosphorus use efficiency, soil fertility

[1] สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190

* Corresponding author: sureeporn.k@ubu.ac.th

คำนำ

ความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าว ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวอาศัยน้ำฝนประมาณ 62 ล้านไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 38.2 ล้านไร่ แต่มีผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด (363 กิโลกรัมต่อไร่) และต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของทั้งประเทศ (447 กิโลกรัมต่อไร่) ในขณะที่ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคใต้ มีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 604, 567 และ 471 กิโลกรัม ตามลำดับ (Office of Agricultural Economics, 2024) พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนิยมปลูกเป็นข้าวไวต่อช่วงแสง เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กข15 และ กข6 ซึ่งปลูกได้เฉพาะนาปี เนื่องจากมีความต้องการช่วงแสงสั้น (เวลากลางวันน้อยกว่า 12 ชั่วโมง) ในการกำเนิดช่อดอกและข้อจำกัดของปริมาณน้ำฝน ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำคิดเป็นร้อยละ 71.53 ของพื้นที่ทั้งหมดในประเทศ เนื่องจากดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่เกิดจากการสลายตัวของหินทรายทำให้ดินมีปริมาณของอนุภาคทรายสูง มีปริมาณอนุภาคดินเหนียว และอินทรียวัตถุในดินต่ำ (Land Development Department, 2015a) ดินทรายมีประสิทธิภาพการอุ้มน้ำต่ำ สามารถดูดซับธาตุอาหารได้น้อย ทำให้มีปริมาณน้ำและธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตข้าว ส่งผลให้ผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำกว่าภูมิภาคอื่น

ฟอสฟอรัส (Phosphorus; P) เป็นหนึ่งในธาตุอาหารหลักที่ข้าวต้องการในปริมาณมาก รองจากไนโตรเจน (N) และโพแทสเซียม (K) ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก และเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ลำต้น กระตุ้นการออกดอก (Panyaying et al., 2017) โดยฟอสฟอรัสในดินที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวจะอยู่ในรูปของฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$ และ HPO_4^-) (Vejchasarn et al., 2016) และดินต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง pH 6-7 ซึ่งเป็นระดับ pH ที่เหมาะสมต่อการละลายและเป็นประโยชน์ได้ของฟอสเฟต ซึ่งดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทราย อินทรียวัตถุต่ำ และเป็นกรดรุนแรง (pH 4.6) ทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อข้าว เนื่องจากฟอสเฟตไอออนจะถูกตรึงให้อยู่ในรูปของเหล็กและอะลูมินัมฟอสเฟต ซึ่งจะละลายน้ำได้ยาก จึงทำให้ข้าวไม่สามารถดึงฟอสฟอรัสไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ มีผลทำให้ข้าวแสดงอาการแคระแกร็น ชะงักการเจริญเติบโต แตกกอลดลง และให้ผลผลิตต่ำ (Land Development Department, 2015a; Rice Department, 2016) การปลูกข้าวในนาที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จึงจำเป็นจะต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเพื่อให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าว โดย Rice Department (2009) ได้แนะนำการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยประเมินจากค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส สำหรับการปลูกข้าวในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ (น้อยกว่า 5 mg/kg) ปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ต้องใส่เพิ่มเติม คือ 6 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ จึงจะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าว

นอกจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน พันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเจริญเติบโต และให้ผลผลิต โดยข้าวหอมวารินเป็นข้าวหอมพื้นนุ่มพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง มีลักษณะทนแล้ง ทนน้ำท่วมฉับพลัน และปรับตัวได้ดีในพื้นที่ปลูกข้าวอาศัยน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างไรก็ตามพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ (Land Development Department, 2015a) และยังไม่มีการศึกษาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าวหอมวารินในพื้นที่ดังกล่าว เพื่อให้ได้ผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดของข้าวหอมวาริน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวหอมวาริน โดยนำข้อมูลประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในเชิงการให้ผลผลิตและข้อมูลด้านผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มาร่วมตัดสินใจเพื่อประโยชน์ต่อการจัดการอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกข้าวอาศัยน้ำฝนที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

การศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized complete block design) จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส 5 ตำรับทดลอง ประกอบด้วยปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 0 (T1), 4 (T2), 8 (T3), 12 (T4) และ 16 (T5) กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ซึ่งในแต่ละตำรับทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียม อัตรา 18 และ 15 กิโลกรัม N และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ดำเนินการทดลอง ณ สำนักงานไร่ฝึกทดลองและห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พิกัดทางภูมิศาสตร์ 15°08'08.8" ละติจูดเหนือ และ 104°55'20.6" ลองจิจูดตะวันออก ในฤดูการผลิตข้าวนาปี พ.ศ. 2565

การปลูกข้าวและการดูแลรักษา

การเตรียมแปลงจะไถดะด้วยผาน 3 จำนวน 1 ครั้ง และไถพรวนด้วยผาน 7 จำนวน 1 ครั้ง ปรับพื้นที่ปลูกให้มีความสม่ำเสมอ เตรียมแปลงทดลองย่อยขนาด 10 ตารางเมตร จำนวน 15 แปลง ดำเนินการปลูกข้าวพันธุ์หอมวารินโดยวิธีปักดำ ใช้ต้นกล้าอายุ 30 วัน ปลูก 1 ต้นต่อจับ ใช้ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร ในแต่ละแปลงย่อยปลูกข้าว จำนวน 7 แถว แถวละ 18 ต้น ดินที่

ใช้ปลูกข้าวเป็นชุดดินร้อยเอ็ด ซึ่ง มีลักษณะเป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อยู่ระหว่าง 4.5-6.5 มีการระบายน้ำค่อนข้างเลว (Land Development Department, 2015b) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน สูตร 46-0-0 ปุ๋ยฟอสฟอรัส สูตร 18-46-0 และปุ๋ยโพแทสเซียม สูตร 0-0-60 ตามที่กำหนดในแต่ละตำรับทดลอง โดยแบ่งใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อข้าวอยู่ในระยะตั้งตัว ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส 40 เปอร์เซ็นต์ ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 30 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราปุ๋ยทั้งหมด ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวอยู่ในระยะแตกกอ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 30 เปอร์เซ็นต์ และ ใส่ครั้งที่ 3 เมื่อข้าวอยู่ในระยะตั้งท้อง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส 30 เปอร์เซ็นต์ ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 40 เปอร์เซ็นต์ ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (มีปริมาณอินทรียวัตถุตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์) พร้อมการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1 อัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีการใส่โดโลไมท์ในช่วงเตรียมดิน อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ กำจัดวัชพืชและรักษาน้ำในแปลงไว้ที่ระดับ 5-10 เซนติเมตร จากผิวดินตลอดฤดูกาลผลิต

การเก็บข้อมูล

1. ข้อมูลดิน เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อยตามตำรับทดลอง จำนวน 15 ตัวอย่าง นำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ร่อนดินผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติของดิน ประกอบด้วย ความเป็นกรด-ด่างของดิน (อัตราส่วนดิน:น้ำ 1:1) โดยใช้เครื่อง pH meter ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter) ด้วยวิธี Walkley and Black ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยสกัดด้วยน้ำยา Bray II และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยใช้ 1 M NH_4OAc (pH 7.0) เป็นน้ำยาสกัด และวัดค่าด้วยเครื่อง Flame photometer และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Kjeldahl method (Ta-oun, 2005; Office of Science for Land Development, 2005)

2. ข้อมูลสภาพอากาศ ระหว่างการทดลอง ตรวจวัดข้อมูลรายวันจากสถานีตรวจวัดฟ้าอากาศ ของสำนักงานไร่ฝึกทดลองและห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ค่าที่บันทึกประกอบด้วย ค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

3. ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าว สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวในพื้นที่ 1.5 ตารางเมตร (จำนวน 24 ต้น) เพื่อบันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าว ตามวิธีการของ Rice Department (2007) ประกอบด้วย ความสูง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด น้ำหนักฟางสด และ น้ำหนักฟางแห้ง (อบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งคงที่) คำนวณหาผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) และดัชนีเก็บเกี่ยว จากสัดส่วนของผลผลิต (economic yield) (กิโลกรัมต่อไร่) ต่อน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น (biological yield) (กิโลกรัมต่อไร่)

ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการให้ผลผลิตข้าว

คำนวณประสิทธิภาพการให้ผลผลิตข้าวจากการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส (phosphorus use efficiency: PUE) ตามวิธีของ Girma et al. (2007) โดยคำนวณจากสูตร PUE = $(Y_T-Y_0)/F_P$ โดยที่ Y_T = ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) ในสภาพที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 4, 8, 12 และ 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่, Y_0 = ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) ในสภาพที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส และ F_P = อัตราการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัมต่อไร่)

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (marginal rate of return, MRR) ตามวิธีของ CIMMYT (1988) โดยมีหลักเกณฑ์ว่าการลงทุนจะคุ้มทุน เมื่อ MRR เท่ากับหรือมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ คำนวณจากสูตร MRR (%) = (กำไรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ย/ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ย) คูณด้วย 100

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ของลักษณะที่ศึกษาตามแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าว ด้วยวิธี Pearson product-moment correlation โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STAR-statistical tool for agricultural research version 2.0.1

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลดินและสภาพอากาศ

สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนการทดลอง พบว่า ดินในแปลงทดลองปลูกข้าวเป็นชุดดินร้อยเอ็ด มีลักษณะเป็นดินทราย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.28 มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ ธาตุไนโตรเจน

ทั้งหมด เท่ากับ 0.030 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.82 และ 13.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 1) ทั้งนี้เปรียบเทียบกับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5.5-7.0 ปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่า 4.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Land Development Department, 2015b) พบว่าดินในแปลงทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุ ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับระดับที่เหมาะสมในการปลูกข้าว (Department of Agriculture, 2000) สอดคล้องกับรายงานของ Kongphan et al. (2022) และ Khonkhoei et al. (2023)

สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดินหลังการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0, 4, 8, 12 และ 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน และโพแทสเซียม ในดินหลังปลูกแตกต่างกัน แต่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสคงเหลือในดินสูงที่สุด 12.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งแตกต่างกับการที่ไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยในอัตรา 4, 8, และ 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยดินหลังปลูกมีค่าฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 5.30-12.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.64-5.80 เป็นกรดปานกลาง มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 0.64-0.72 เปอร์เซ็นต์ มีไนโตรเจนระหว่าง 0.033-0.036 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 9.33-11.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งยังมีปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำ มีปริมาณโพแทสเซียมได้อยู่ในระดับต่ำมาก บ่งชี้ว่าดินในแปลงทดลองมีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับต่ำ ไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวหรือพืชปลูกหลังนา เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารเหลือตกค้างอยู่ในดินน้อยไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นจึงควรใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมเพื่อให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของพืชที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต (Land Development Department, 2015a; Ahash et al., 2024) (Table 1) ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจน หลังการทดลองสูงขึ้น น่าจะเป็นผลมาจากการใส่โดโลไมท์ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่ เพราะการใส่โดโลไมท์และปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้สูงขึ้น และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินดีขึ้น ธาตุอาหารถูกละลายอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น แต่ไม่มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินหลังปลูกสูงขึ้น ถึงแม้จะมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่ม แต่ก็ยังไม่มากพอที่จะเหลือทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น (Land Development Department, 2017) โดยดินที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวควรมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่า 2.25 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนในดินมากกว่า 0.113 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากกว่า 45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Department of Agriculture, 2000)

Table 1 Chemical properties and nutrient content in soil before and after the experiment

Treatments	Chemical properties and nutrient content in soil				
	pH	OM (%)	N (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
Soil before the experiment	5.28	0.66	0.030	10.82	13.26
Soil after the experiment					
T1 (P_0)	5.76	0.72	0.035	5.30^c	11.41
T2 (P_4)	5.80	0.72	0.033	6.47^c	9.33
T3 (P_8)	5.79	0.64	0.034	9.73^b	11.58
T4 (P_{12})	5.64	0.70	0.033	10.50^b	10.01
T5 (P_{16})	5.80	0.66	0.036	12.54^a	10.77
F-test[1/]	ns	ns	ns	*	ns
Mean	5.76	0.69	0.034	8.91	10.62
CV (%)	2.32	9.26	11.13	11.24	18.55
LSD (0.05)	-	-	-	1.89	-

[1/] * = significant difference at the 0.05 probability level, ns= not significant difference, Values in the same column followed by different superscripts are significant difference at $p \leq 0.05$

สภาพอากาศในช่วงการทดลองระหว่างเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 พบว่ามีปริมาณน้ำฝนรายวันอยู่ที่ 0-110 มิลลิเมตรต่อวัน ฝนตกชุกในช่วงเดือนสิงหาคม-ต้นตุลาคม มีปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,300 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 22.1-36.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ในช่วง 17.4-27.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ระหว่าง 48.0-89.0 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย เท่ากับ 78.5 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้ปุ๋ยในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงและฝนตกชุกจำเป็นต้องมีการดูแลระบบการระบายน้ำ เพื่อป้องกันการชะล้างของปุ๋ย (Figure 1)

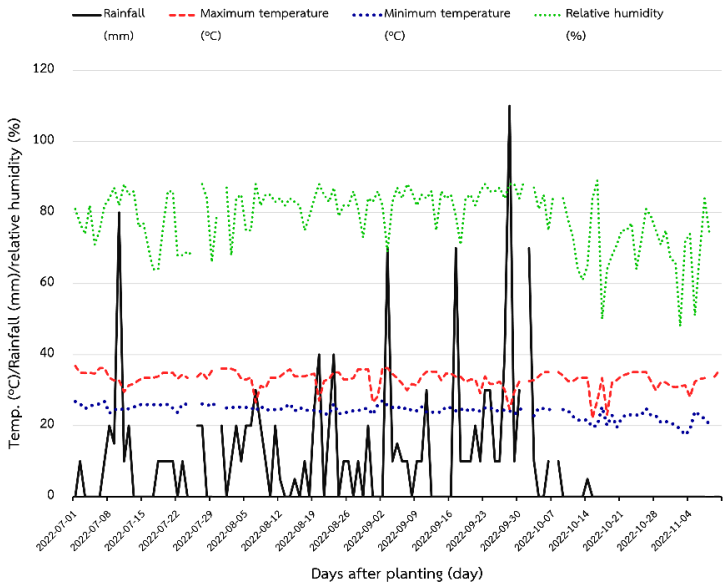


Figure 1 Rainfall (mm), maximum temperature (°C), minimum temperature (°C), and relative humidity (%) during wet season of growing rice

ผลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าวพันธุ์หอมวาริน

ข้าวหอมวาริน เป็นข้าวหอมพื้นนุ่มพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะทนแล้ง ทนน้ำท่วมฉับพลัน ให้ผลผลิตสูง เหมาะกับพื้นที่ปลูกข้าวอาศัยน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราแตกต่างกัน 0, 4, 8, 12 และ 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีผลทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวหอมวารินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2) โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่งผลให้ข้าวหอมวารินมีจำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ยสูงสุด 131.01 เมล็ด แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 12, 8, 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ให้จำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ย 126.11, 123.09, 123.73, และ 122.90 เมล็ด ตามลำดับ และมีผลทำให้ผลผลิตของข้าวหอมวารินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ทำให้ผลผลิตของข้าวหอมวารินสูงสุด 635.25 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ที่ให้ผลผลิต 618.36 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ อัตรา 8 และ 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ที่ให้ผลผลิต 581.20 และ 558.50 กิโลกรัมต่อไร่ และข้าวที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้ผลผลิตต่ำสุด 529.55 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ความสูง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และน้ำหนักฟางแห้งของข้าวหอมวารินแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่สูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้องค์ประกอบผลผลิต ดังกล่าวเพิ่มขึ้น

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า ข้าวหอมวารินที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่สูงขึ้น มีผลทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงมากขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตสูงขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ทำให้ข้าวหอมวารินมีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงสุด 131.01 เมล็ด ผลผลิตสูงสุด 635.25 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gebrekidan and Seyoum (2006); Jinger et al. (2018) และ Zhang et al. (2021) ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวง และผลผลิตเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากฟอสฟอรัสมีผลต่อการออกดอก และการสร้างตัวของเมล็ด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าว (Insalud et al., 2018; Sangruanand and Insalud, 2019) นอกจากนี้ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตของข้าว มีบทบาทสำคัญช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก เพิ่มความแข็งแรงให้แก่ลำต้น และเกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายทอดพลังงาน เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ และการ

แบ่งเซลล์ให้เป็นไปอย่างปกติ (Panyaying et al., 2017) โดย Zhang et al. (2021) พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสของข้าวไร่ในอัตรา 8, 16 และ 24 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีผลทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และ ผลผลิต มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ผลผลิตของข้าวสูงสุด 1,361.60 กิโลกรัมต่อไร่ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Jinger et al. (2018) ซึ่งพบว่าการใช้อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ต่างกัน ได้แก่ อัตรา 0, 4.8, 9.6 และ 14.4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีผลทำให้น้ำหนักฟางแห้ง จำนวนรวง ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 14.4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด 905.6 กิโลกรัมต่อไร่ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tabar (2012) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 14.4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ทำให้ผลผลิตข้าวสูงสุด 97.01 กรัมต่อกอ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่รับปุ๋ยฟอสฟอรัส ซึ่งได้ผลผลิต 94.63 กรัมต่อกอ ข้าวที่ขาดฟอสฟอรัสเฉียบพลันอาจทำให้ผลผลิตข้าวลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (Saleque et al., 1998) การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวนอกจากจะขึ้นอยู่กับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสแล้ว ยังต้องคำนึงถึงชนิดของปุ๋ยฟอสฟอรัสประกอบด้วย เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายน้ำต่างกัน (Massawe and Mrema, 2017) ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าปุ๋ยฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสจะทำให้ผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้น (Gebrekidan and Seyoum, 2006)

ความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นปัจจัยสำคัญต่อการปลูกข้าว ในการศึกษาครั้งนี้ดินแปลงทดลองเป็นชุดดินร้อยเอ็ด ซึ่งเป็นดินทรายปนร่วนที่มีธาตุอาหารต่ำ (Table 1) จึงมีข้อจำกัดในการปลูกข้าว เนื่องจากดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำและธาตุอาหารได้ต่ำ นอกจากนี้ธาตุอาหารหรือปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินยังสูญเสียไปกับการชะล้างของน้ำได้ง่าย (Land Development Department, 2017) และดินในแปลงหลังทดลองยังมีความเป็นกรดปานกลาง มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก บ่งชี้ว่าดินมีปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าว ถึงแม้จะมีการใส่ปุ๋ยเพิ่ม ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่ต่ำ นอกจากจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวแล้ว ยังทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินลดลง ดังนั้น การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่สูงขึ้น มีผลทำให้ข้าวสามารถนำปุ๋ยไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sukyankij et al. (2015) พบว่า ผลผลิตของข้าว กข41 จะสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส และค่าการดูดใช้ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส อีกทั้งการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราที่แตกต่างกัน ทำให้ผลผลิตของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 7 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด 861.67 กิโลกรัมต่อไร่ จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งแรกใส่ในระยะข้าวตั้งตัว ครั้งที่ 2 ในระยะข้าวแตกกอ และครั้งสุดท้ายในระยะข้าวตั้งท้อง มีผลทำให้ข้าวหอมวารินมีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงสุด 131.01 เมล็ด นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มทำให้จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด สูงสุด จากองค์ประกอบผลผลิตเหล่านี้ส่งผลให้ข้าวหอมวารินที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด 635.25 กิโลกรัมต่อไร่

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวหอมวารินแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าข้าวหอมวารินที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุดโดยมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.39 รองลงมา คือ ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 12 และ 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ที่มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.38 เท่ากัน ส่วนข้าวหอมวารินที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.37 และข้าวหอมวารินที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำที่สุด 0.36 (Table 2)

สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวหอมวาริน

จากการศึกษา พบว่า ผลผลิตมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนเมล็ดต่อรวง (r=0.77**) และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r=0.69**) และมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับความยาวรวง (r=0.60*) และ ดัชนีเก็บเกี่ยว (r=0.54*) นอกจากนี้ ความสูงยังมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักฟางแห้ง (r=0.78**) จำนวนต้นต่อกอมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนรวงต่อกอ (r=0.95**) และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r=0.65**) จำนวนรวงต่อกอมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r=0.60*) ความยาวรวงมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนเมล็ดต่อรวง (r=0.56*) และ จำนวนเมล็ดต่อรวงมีสหสัมพันธ์เชิงน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r=0.61*) (Table 3)

Table 2 Effect of phosphorus fertilizer on yield components and yield of HomWarin rice variety

Treatment	PH (cm)	NTP	NPP	PL (cm)	NSP	TGW (g)	GY (kg/rai)	BM (kg/rai)	HI
T1 (P_0)	102.22	9.58	9.26	24.33	122.90^{b}	25.23	529.55^{c}	949.96	0.36^{b}
T2 (P_4)	105.13	9.59	9.26	24.94	123.73^{b}	25.29	558.50^{b}	925.99	0.38^{ab}
T3 (P_8)	104.15	10.02	9.58	24.97	123.09^{b}	25.94	581.20^{b}	940.05	0.39^{ab}
T4 (P_{12})	103.90	9.95	9.56	24.94	126.11^{b}	26.50	618.36^{a}	917.25	0.40^{a}
T5 (P_{16})	104.10	10.50	10.14	25.00	131.01^{a}	26.50	635.25^{a}	910.42	0.41^{a}
F-test[1/]	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*
Mean	103.90	9.64	9.56	24.82	125.37	25.89	584.57	928.73	0.39
CV (%)	2.71	4.48	4.53	1.76	2.02	2.24	2.08	5.82	4.36
LSD (0.05)	-	-	-	-	4.77	-	22.92	-	0.03

[1/] * = Significant difference at the 0.05 probability level, ns= not significant difference, Values in the same column followed by different superscripts are significant difference at $p \leq 0.05$. PH: plant height, NTP: number of tillers per plant, NPP: number of panicles per plant, PL; panicle length, NSP: number of spikelet per panicle, one thousand grains weight, GY: grains yield, BM: biomass and HI: harvest index.

Table 3 Correlation between yield and yield components of HomWarin rice variety

Parameters	GY	PH	NTP	NPP	PL	NSP	TGW	BM	HI
GY	1	0.40^{ns}	0.40^{ns}	0.39^{ns}	0.60^{*}	0.77^{**}	0.69^{**}	0.05^{ns}	0.54^{*}
PH		1	0.17^{ns}	0.36^{ns}	0.49^{ns}	0.50^{ns}	0.27^{ns}	0.78^{**}	-1.41^{ns}
NTP			1	0.95^{**}	0.19^{ns}	0.39^{ns}	0.65^{**}	0.27^{ns}	-0.02^{ns}
NPP				1	0.32^{ns}	0.49^{ns}	0.60^{*}	0.44^{ns}	-0.17^{ns}
PL					1	0.56^{*}	0.37^{ns}	0.32^{ns}	0.09^{ns}
NSP						1	0.61^{*}	0.25^{ns}	0.19^{ns}
TGW							1	0.12^{ns}	0.26^{ns}
BM								1	-0.81^{ns}
HI									1

*= Significant difference at the 0.05 probability level, **= significant difference at the 0.01 probability level, ns= not significant difference. GY: grains yield, PH: plant height, NTP: number of tillers per plant, NPP: number of panicles per plant, PL; panicle length, NSP: number of spikelet per panicle, TGW: one thousand grains weight, BM: biomass and HI: harvest index.

ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการให้ผลผลิตข้าว

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ทำให้ข้าวพันธุ์หอมวารินมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส สูงสุด โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 1 กิโลกรัม ทำให้ข้าวหอมวารินสามารถให้ผลผลิตสูงเท่ากับ 8.97 กิโลกรัม รองลงมา คือ ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 12 และ 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ โดยมีค่าประสิทธิภาพการให้ผลผลิตเท่ากับ 8.02 และ 7.32 กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมฟอสฟอรัส ตามลำดับ และการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ค่าประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเท่ากับ 7.04 กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมฟอสฟอรัส (Figure 2) ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยหมายถึงสัดส่วนของปุ๋ยที่พืชใช้และเกิดประโยชน์ต่อพืชได้จริงเทียบกับปริมาณของปุ๋ยที่ใส่ เมื่อพืชดูดธาตุอาหารจากปุ๋ยมาใช้ แล้วก็แสดงผลโดยเพิ่มการเจริญเติบโตหรือผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยมี 3 แบบ ได้แก่ ประสิทธิภาพการให้ผลผลิต (agronomic efficiency) ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ (efficiency of economy) และ ประสิทธิภาพด้านสรีระของพืช (physiological efficiency) และแต่ละแบบก็ใช้หน่วยแตกต่างกัน (Osotspa, 1999) การศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะประสิทธิภาพการให้ผลผลิต (agronomic efficiency) โดยพบว่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการให้ผลผลิตข้าวพันธุ์หอมวารินลดลงเมื่อมีการใช้อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ในดินบางส่วนถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ทำให้ข้าวดูดใช้ได้น้อยถึงแม้จะใช้ปุ๋ยเพิ่ม (Hung et al., 2024). ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับรายงานของ Sukyankij et al. (2015) ซึ่งพบว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในข้าว กข41 ในอัตราต่ำสุด 2.5 กิโลกรัม P_2O_5

ต่อไร่ มีค่าประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการให้ผลผลิตข้าวสูงสุดเท่ากับ 344.67 กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมฟอสฟอรัส เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 5 และ 7 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่

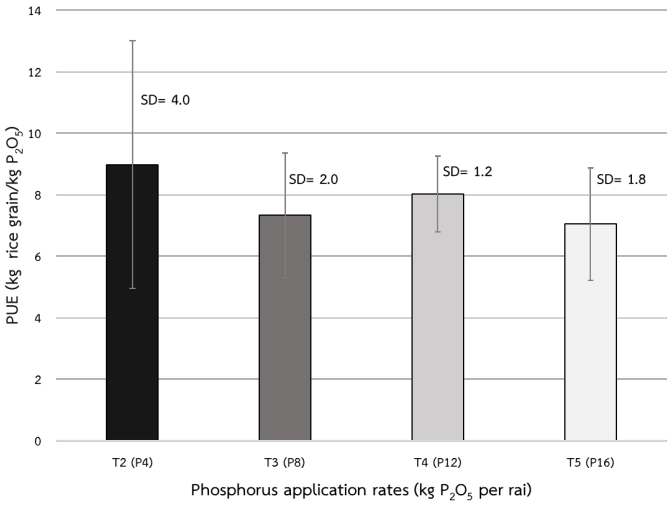


Figure 2 Effect of fertilizer regimes on phosphorus use efficiency (PUE) in HomWarin rice variety

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (marginal rate of return, MRR) สูงสุดเท่ากับ 217.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอัตราตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 4 และ 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ที่มีอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม 169.60 และ 132.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีค่าอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม เพียง 98.92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่คุ้มค่ากับการลงทุน (Table 4) โดยการลงทุนจะคุ้มทุนเมื่ออัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการใช้ปุ๋ยในปี พ.ศ. 2567 พบว่าต้นทุนการใช้ปุ๋ยลดลง 26.70-38.46 เปอร์เซ็นต์ จากปี พ.ศ. 2565 เนื่องจากราคาปุ๋ยที่ลดลง อย่างไรก็ตามอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มทั้งสองปีสอดคล้องกัน ดังนั้น ถ้าเกษตรกรมีเงินลงทุนน้อยควรใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ เพื่อลดต้นทุนการผลิต ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลผลิตได้ 13.35-20.42 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ แต่ถ้ามีเงินลงทุนมากควรใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ จะได้ผลผลิตของข้าวหอมวารินและรายได้สูงที่สุด ซึ่งรายได้มากกว่าข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส 19.96 เปอร์เซ็นต์

Table 4 Analysis of Marginal rate of return of HomWarin rice variety received different rates of phosphorus fertilizer

Treatment	Grain yield (kg/rai)	2022			2024		
		Cost (Bath/rai)	Income (Bath/rai)	MRR (%)	Cost (Bath/rai)	Income (Bath/rai)	MRR (%)
T1 (P_0)	529.55	1,889.65	4,893.04	-	1,162.90	5,078.39	-
T2 (P_4)	558.50	2,047.37	5,160.54	169.60	1,334.08	5,356.02	162.19
T3 (P_8)	581.20	2,205.14	5,370.29	132.95	1,505.28	5,573.71	127.16
T4 (P_{12})	618.36	2,362.77	5,713.65	217.83	1,676.39	5,930.07	208.27
T5 (P_{16})	635.25	2,520.54	5,869.71	98.92	1,847.59	6,092.05	94.61

Rice price = 9.24 Bath/kg in 21 November 2022, Rice price = 9.59 Bath/kg in November 2024, Nitrogen fertilizer price (46-0-0) = 28.60 Bath/kg, phosphorus fertilizer price (18-46-0) = 29.33 Bath/kg, Potassium fertilizer price (0-0-60) = 30.81 Bath/kg in July 2022, Nitrogen fertilizer price (46-0-0) = 16.93 Bath/kg, phosphorus fertilizer price (18-46-0) = 26.31 Bath/kg, Potassium fertilizer price (0-0-60) = 20.01 Bath/kg in July 2024. (Office of Agricultural Economics, 2025)

สรุปผลการศึกษา

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทเกี่ยวกับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าว โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ทำให้ข้าวหอมวารินมีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงสุดแตกต่างจากตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ มีผลผลิตสูงสุดแต่ไม่แตกต่างจากปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ซึ่งในพื้นที่อาศัยน้ำฝนที่เป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วยพบว่าควรแนะนำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ เนื่องจากให้ผลตอบแทนส่วนเพิ่มสูงสุด คุ้มค่ากับการลงทุน และมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการให้ผลผลิตสูง

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (National Science, Research and Innovation Fund), และ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: สุรีพร เกตุงาม. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: ภูมิศาสตร์ บุญพงษ์, ปรียาภรณ์ ภางาม, สุรีพร เกตุงาม, นพมาศ นามแดง. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล: ภูมิศาสตร์ บุญพงษ์, ปรียาภรณ์ ภางาม, นพมาศ นามแดง, สุรีพร เกตุงาม, ฉันทมาศ เชื้อแก้ว. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: สุรีพร เกตุงาม, นพมาศ นามแดง. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: ภูมิศาสตร์ บุญพงษ์, สุรีพร เกตุงาม, ฉันทมาศ เชื้อแก้ว. การให้การสนับสนุนเครื่องมือห้องปฏิบัติการ และ ครุภัณฑ์: สุรีพร เกตุงาม, นพมาศ นามแดง. การแก้ไขและปรับปรุงบทความวิจัย: ภูมิศาสตร์ บุญพงษ์, สุรีพร เกตุงาม, ฉันทมาศ เชื้อแก้ว. ผู้เขียนทุกคนได้อ่านและเห็นชอบกับต้นฉบับบทความวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Ahash, S., Manikandan, K., Elamathi, S., Sivasankari, D., & Maragatham, S. (2024). Sustainable phosphorus management: leveraging phosphate solubilizing bacteria for enhanced rice growth. **Plant Science Today**, 11(4), 1-10.

CIMMYT. (1988). **From Agronomic Data to Farmer Recommendations: An Economics Training Manual**. The International Maize and Wheat Improvement Center.

Department of Agriculture. (2000). **Fertilizer Recommendations in Paddy and Winter Cereal Crops**. Retrieved from: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/manual/index. php.htm. (in Thai).

Gebrekidan, H., & Seyoum, M. (2006). Effects of mineral N and P fertilizers on yield and yield components of flooded lowland rice on vertisols of fogera plain, Ethiopia. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics,** 107(2), 161–176.

Girma, K., Martin K. L., Freeman K. W., Mosali J., Teal R. K., Raun W. R., Moges S. M., & Arnall D. B. (2007). Determination of optimum rate and growth stage for foliar applied phosphorus in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 38(9-10), 1137-1154.

Hung, T. V., Hung, N. N., & Minh, V. Q. (2024). Effect of phosphate fertilizer-coated dicarboxylic acid polymer on rice yield and components under greenhouse conditions. **Plant Science Today**, 11(2), 58-64.

Insalud, N., Bobeautong, T., & Yamjun, K. (2018). Effect of different levels of phosphorus on growth of Khao Dawk Mali 105 rice variety. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 46(1), 547-550. (in Thai).

Jinger, D., Shiva, D., Anchal, D., Sharma, V. K., Ekta, J., Vijayakumar, S., & Gaurendra, G. (2018). Effect of silicon and phosphorus fertilization on growth, productivity and profitability of aerobic rice (*Oryza sativa*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, 88(10), 120-125.

Khonkhoei, W., Namdang, N., Chueakaew, C., Toojinda, T., & Katengam, S. (2023). Effect of potassium fertilizer on yield and yield components of HomWarin rice variety in low fertility sandy soil. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 41(1), 92–101. (in Thai). https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.04.30.010.

Kongphan, P., Namdang, N., Chueakaew, C., Toojinda, T., & Katengam, S. (2022). Effect of nitrogen fertilizer on yield components and grain yield of HomWarin rice variety grown in low fertile soil. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University**, 24(2), 19-28. (in Thai).

Land Development Department. (2015a). **State of Soil and Land Resources of Thailand**. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Land Development Department. (2015b). **Land Development Manual for Volunteer Soil Doctors and Farmers.** Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Land Development Department. (2017). **Characteristics and Properties of Soil Series in the Northeast Roi Et Soil Series**. Retrieved from: http://www.ldd.go.th/thaisoils museum/pf_desc/Northeast/Re.htm. (in Thai).

Massawe, I., & Mrema, J. (2017). Effects of different phosphorus fertilizers on rice (*Oryza sativa* L.) yield components and grain yields. **Asian Journal of Advances in Agricultural Research**, 3(2), 1-13.

Office of Agricultural Economics. (2024). **Agricultural Production Data**. Retrieved from: https://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร/TH-TH. (in Thai).

Office of Agricultural Economics. (2025). **Agricultural Economic Information.** Retrieved from: https://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร/TH-TH. (in Thai).

Office of Science for Land Development. (2005). **Soil Sample Analysis Guide, Water, Fertilizer, Plants, Soil Amendment and Analysis to Verify Product Standards**. 2nd Ed. Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Osotspa, Y. (1999). **Terminology in The Fertilizer Industry**. Kasetsart University. (in Thai).

Panyaying, C., Kanna, M., & Somnam, S. (2017). The determination of available phosphorus in soils using an economic hydrodynamic sequential injection system. **Thai Science and Technology Journal**, 38(1), 124-136. (in Thai).

Rice Department. (2007). **Native Rice Genetics of Ethnic Groups Under the Royal Initiative Project**. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Rice Department. (2009). **Fertilizer Recommendations Based on Soil Analysis Data**. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Rice Department. (2016). **Phosphorus Deficiency in Rice**. Retrieved from: https://newwebs2.ricethailand.go.th/Webmain/rkb3/title-FactSheet.htm. (in Thai).

Saleque, A. M., Abedin, J., Panaullah, M. G., & Bhuyian, I. N. (1998). Yield and phosphorus efficiency of some lowland rice varieties at different levels of soil available phosphorus. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 29(19-20), 2905-2916.

Sangruanand, P., & Insalud, N. (2019). Different levels of phosphorus fertilizer on the growth of *Oryza sativa* var. Sew Mae Jun. **Burapha Science Journal**, 24(2), 725-730. (in Thai).

Sukyankij, S., Pleumpleak, T., & Panich-pat, T. (2015). Effect of phosphorus level on growth, yield and phosphorus uptake in rice RD 41. In **Proceedings of The 12th Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus Conference**, pp. 1751-1758. Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus. (in Thai).

Tabar, Y. S. (2012). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizer on growth and yield rice (*Oryza sativa* L.). **International Journal of Agronomy and Plant Production**, 3(12), 579-584.

Ta-oun, M. (2005). **Techniques and Analyzes in Soil, Plants, Water and Fertilizer Laboratories**. Food and Agriculture Organization (FAO) Cooperation Project, Department of Land Resources and Environment, Faculty of Agriculture Khon Kaen University. (in Thai).

Vejchasarn, P., Kotchasatit, U., Jairin, J., Wongboon, W., Wongnongwa, J., Phansenee, Y., Kawichai, R., Leelakud, P., & Chamarerk, V. (2016). Physiological and morphological responses of rice to low phosphorus availability. **Thai Rice Research Journal**, 7(1), 74-83. (in Thai).

Zhang, Y., Wen, Z., Min, W., Gaosheng, L., Zujian, Z., & Jianchang, Y. (2021). Effects of irrigation schedules and phosphorus fertilizer rates on grain yield and quality of upland rice and paddy rice. **Environmental and Experimental Botany**, 186(1), 104465. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104465.

การพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยเชื้อไฟโตพลาสมาในใบอ้อยโดยใช้เทคนิค nested-PCR ร่วมกับสีย้อมเรืองแสง
Development of Diagnostic Method for Phytoplasma in Sugarcane Leaves Using Nested-PCR Technique Combine with Fluorescent Dyes

นพรัตน์ อินถา[1*] และนุชนาฏ ภักดี[1]
Noppharat Intha[1*] and Nutchanat Phakdee[1]
Received date: 19 พ.ย. 67 Revised date: 5 มี.ค. 68 Accepted date: 25 มี.ค. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265163

บทคัดย่อ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นหนึ่งในพืชไร่ที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลรายใหญ่เป็นอันดับสองของโลก อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักของการผลิตอ้อย คือ โรคใบขาวของอ้อย (Sugarcane white leaf disease; SCWL) ซึ่งมีเชื้อไฟโตพลาสมา (Phytoplasma) ที่เป็นสาเหตุติดมากับท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการขยายพันธุ์ ทำให้อ้อยแคระ ใบสีขาว และผลผลิตต่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยไฟโตพลาสมาอย่างรวดเร็วโดยใช้เทคนิค nested-PCR และใช้สีย้อมเรืองแสงในการตรวจสอบผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส ผลการทดลองพบว่า ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1 โดยใช้ไพรเมอร์ MLO-X และ MLO-Y ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอ จำนวน 1 แถบบ ขนาด 714 bp ในอ้อย SCWL แต่ไม่พบในอ้อยปลอดโรค ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 2 โดยใช้ไพรเมอร์ P1 และ P2 ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอ จำนวน 4 แถบ ขนาด 714, 616, 302 และ 204 คู่เบส ในอ้อย SCWL แต่ไม่พบในอ้อยปลอดโรค เมื่อนำผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 2 มาเติมสีย้อมเรืองแสง พบว่า เกิดการเรืองแสงภายใต้แสง UV ในหลอดทดลองของอ้อย SCWL แต่ไม่พบการเรืองแสงในอ้อยปลอดโรค ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเทคนิคที่พัฒนาขึ้นนี้มีความแม่นยำ และสามารถลดระยะเวลาในการตรวจสอบผลผลิต nested-PCR ได้
คำสำคัญ: ดีเอ็นเอ ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส ไพรเมอร์ โรคใบขาวของอ้อย

Abstract

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is an important field crop of Thailand. Thailand is the second largest sugar exporter in the world. However, the main problem in sugarcane production is sugarcane white leaf disease (SCWL), which is caused by Phytoplasma transmitted through the seed cane that is used for propagation. This disease causes stunted sugarcane, white leaves, and low yields. This research aimed to develop a rapid diagnostic method for phytoplasmas using the nested-polymerase chain reaction (PCR) technique and using fluorescent dye to detect the PCR products. The results showed that the 1st PCR with MLO-X and MLO-Y primers produced a single DNA band was 714 bp in SCWL but not in disease-free sugarcane. The 2nd PCR with P1 and P2 primers produced four DNA bands 714, 616, 302 and 204 bp in SCWL but not in disease-free sugarcane. The 2nd PCR products, which was added with a fluorescent dye, was found that fluorescence glow under UV light in SCWL tubes but not in disease-free sugarcane. The results indicate that the developed technique is accurate and can reduce the time for verifying nested-PCR products.
Keywords: DNA, polymerase chain reaction, primer, sugarcane white leaf disease

คำนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) จัดเป็นพืชไร่ที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาล และสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ เช่น กระดาษ พลาสติก เอทานอล และอาหารสัตว์ ในปีการผลิต 2566/2567 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 11,125,480 ไร่ (Office Of the Cane and Sugar Board, 2024) อย่างไรก็ตาม ในการเพาะปลูกอ้อยมักประสบปัญหาการระบาดของโรคพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคใบขาวที่สร้างความเสียหายอย่างรุนแรง ส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยลดลง (Sroykaew et al., 2018) โรคใบขาว (sugarcane white leaf disease; SCWL) เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อไฟโตพลาสมา (Kirdat et al., 2021) สามารถสร้างความเสียหายต่อผลผลิตอ้อยตั้งแต่ 5 – 20 % หรือสูงถึง

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
[1] Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000
* Corresponding author: noppharati@nu.ac.th

100 % ในรุ่นอ้อยตอ (Nasare et al., 2007) หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 30–40 ล้านดอลลาสหรัฐต่อปี (Hanboonsong et al., 2016) โรคใบขาวพบครั้งแรกในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2497 โดยพบการระบาดเป็นบริเวณแคบ ๆ ในอำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง เชื้อไฟโตพลาสมาอาศัยอยู่ภายในท่ออาหารของอ้อย และสามารถถ่ายทอดไปยังท่อนพันธุ์ของอ้อยได้ เมื่อเกษตรกรนำท่อนพันธุ์ที่มีเชื้อไฟโตพลาสมาไปปลูก จะทำให้เกิดการแพร่กระจายและระบาดไปยังพื้นที่อื่น ๆ จนกระทั่งในปีการผลิต 2505/2506 พบการระบาดเพิ่มขึ้นเป็น 10 เท่า ทำให้ผลผลิตอ้อยลดลงมากกว่า 50% ต่อมาในปีการผลิต 2554/2555 มีพื้นที่การระบาดเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 170,000 ไร่ ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่ออุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทยไม่ต่ำกว่า 1,000 ล้านบาท (Hamarn, 2017) โรคใบขาวนี้สามารถเกิดได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของอ้อย มีลักษณะอาการ ได้แก่ ใบเหลืองซีดจนขาว เนื่องจากไฟโตพลาสมาทำลายคลอโรฟิลล์ในใบ อ้อยที่เป็นโรครุนแรงจะแตกตาข้างและหน่อมากกว่าปกติ หน่อมีขนาดเล็กเหมือนหญ้าสีขาว ไม่เจริญเติบโตทำให้ไม่มีลำอ้อยให้เก็บเกี่ยวได้ ความรุนแรงของโรคขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ อายุของอ้อย ความแข็งแรงของพันธุ์อ้อย ปริมาณเชื้อไฟโตพลาสมาในอ้อย ปริมาณธาตุอาหารในดิน อุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศ (Hamarn, 2017)

การตรวจวินิจฉัยไฟโตพลาสมาสามารถทำได้โดยใช้เทคนิค DNA hybridization (Webb et al., 1998) ตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Kavakita et al., 2000) ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase chain reaction, PCR) (Smart et al., 1996) และ nested-PCR (Hanboonsong et al., 2005) nested-PCR เป็นเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสแบบซ้อน 2 รอบ ใช้ไพรเมอร์จำนวน 2 คู่ โดยรอบที่ 1 จะใช้ไพรเมอร์คู่หนึ่งเพื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายที่มีขนาดใหญ่ โดยใช้จีโนมิกดีเอ็นเอที่สกัดได้จากใบอ้อยเป็นดีเอ็นเอแม่แบบ จากนั้น ทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสรอบที่ 2 โดยใช้ไพรเมอร์อีกคู่หนึ่งเพื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่มีตำแหน่งจำเพาะอยู่บนผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสรอบที่ 1 โดยใช้ผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสรอบที่ 1 เป็นดีเอ็นเอแม่แบบ (Shen, 2019) เทคนิคนี้จึงมีความไวและความจำเพาะสูงกว่าปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสแบบธรรมดา และตรวจสอบผลด้วยวิธี gel electrophoresis (Pessoa et al., 2024) สีย้อมเรืองแสง (fluorescent dye) เป็นสารประกอบทางเคมี เมื่อเติมลงในผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสจะแทรกตัวอยู่ระหว่างดีเอ็นเอสายคู่ และจะเรืองแสงเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง (Stockert and Blázquez-Castro, 2017; Chinnappan et al., 2019; Intha et al., 2021)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยเชื้อไฟโตพลาสมาในใบอ้อยโดยเติมสีย้อมเรืองแสง (fluorescent dye) ในผลผลิต nested-PCR เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยที่รวดเร็ว ลดขั้นตอนและอุปกรณ์ให้น้อยกว่าวิธีเดิมและยังคงความถูกต้อง สามารถนำไปใช้คัดกรองพันธุ์อ้อยที่ปราศจากไฟโตพลาสมาก่อนนำไปใช้ขยายพันธุ์ต่อไป

วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างพืช

นำใบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (KK3) ที่เพาะเลี้ยงในหลอดทดลอง (*in vitro* sugarcane) จากห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก มาใช้เป็นตัวอย่างพืชที่ปราศจากเชื้อไฟโตพลาสมา (ชุดควบคุมเชิงลบ : negative control)

นำใบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (KK3) ที่แสดงอาการของโรคใบขาว อ้อยตอ 1 อายุ 2 เดือน จากแปลงปลูกอ้อยในตำบลวังชะโอน อำเภอบึงสามัคคี จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 7 ตัวอย่าง (7 กอ) (Figure 1) มาใช้เป็นตัวอย่างพืชที่มีเชื้อไฟโตพลาสมา (positive control)

วิธีสกัดจีโนมิกดีเอ็นเอจากใบอ้อย

สกัดจีโนมิกดีเอ็นเอจากใบอ้อยด้วยวิธี Cetyl-trimethyl Ammonium Bromide (CTAB) ดัดแปลงจาก Doyle and Doyle (1990) นำจีโนมิกดีเอ็นเอมาตรวจสอบปริมาณและคุณภาพด้วยเทคนิค gel electrophoresis บันทึกภาพด้วย SmartView Pro 1200 Imager System (Scientific Biotech, Taiwan) และเปรียบเทียบความเข้มของแถบดีเอ็นเอกับ DNA Ladder RTU (Genedirex®, Taiwan) จากนั้น เจือจางจีโมนิกดีเอ็นเอให้มีความเข้มข้นประมาณ 50 ng/µL โดยใช้ elution buffer และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

Figure 1 Two-month-old sugarcanes cv. Khon Kaen 3 (KK3) showing symptoms of sugarcane white leaf disease (SCWL).

การพัฒนาเทคนิคการตรวจวินิจฉัยเชื้อไฟโตพลาสมาด้วยวิธี nested-PCR

เตรียมไพรเมอร์คู่ที่ 1 และ 2 ให้มีความเข้มข้น 1 μM เพื่อใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอภายในหลอดทดลองด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (polymerase chain reaction; PCR) โดยไพรเมอร์ทั้ง 2 คู่ (Hanboonsong et al., 2005) มีลำดับนิวคลีโอไทด์ดังนี้

ไพรเมอร์คู่ที่ 1. MLO-X: 5´ GTTAGGTTAAGTCCTAAAACGAGC 3´
MLO-Y: 5´ GTGCCAAGGCATCCACTGTATGCC 3´

ไพรเมอร์คู่ที่ 2. P1: 5´ GTCGTAACAAGGTATCCCTACCGG 3´
P2: 5´ GGTGGGCCTAAATGGACTTGAACC 3´

ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1 ประกอบด้วยจีโนมิกดีเอ็นเอ ปริมาตร 1 μL ไพรเมอร์ MLO-X และ MLO-Y ปริมาตรชนิดละ 1 μL, One PCR™ Plus (Genedirex®, Taiwan) ปริมาตร 8 μL และเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้ครบปริมาตร 20 μL เริ่มต้นปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสที่อุณหภูมิ 94°C เป็นเวลา 2 นาที, ตามด้วยอุณหภูมิ 94°C เป็นเวลา 30 วินาที อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 30 วินาที อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 1 นาที จำนวน 35 รอบ และสุดท้ายอุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 5 นาที นำผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส ไปใช้เป็นดีเอ็นเอแม่แบบในปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 2

ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 2 ประกอบด้วยผลผลิตจากปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1 ปริมาตร 3 μL ไพรเมอร์ P1 และ P2 ปริมาตรชนิดละ 1 μL, One PCR™ Plus (Genedirex®, Taiwan) ปริมาตร 8 μL และเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้ครบปริมาตร 20 μL เริ่มต้นปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสที่อุณหภูมิ 94°C เป็นเวลา 2 นาที, ตามด้วยอุณหภูมิ 94°C เป็นเวลา 30 วินาที อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 วินาที อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 1 นาที จำนวน 35 รอบ และสุดท้ายอุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 5 นาที

การตรวจวินิจฉัยเชื้อไฟโตพลาสมาโดยใช้สีย้อมเรืองแสง

นำผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 2 มาเติมสีย้อมเรืองแสง (PCR-fluorescent) ปริมาตร 3 μL (1 μL of RedSafe™ Nucleic Acid Staining Solution [iNtRON Biotechnology; South Korea] : 99 μL of water) ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้น ตรวจสอบผลภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) หลอด PCR ของอ้อยที่แสดงอาการของโรคใบขาวจะที่เรืองแสงภายใต้แสง UV ในขณะที่หลอด PCR ของอ้อยที่ปราศจากไฟโตพลาสมาจะไม่เรืองแสงภายใต้แสง UV

การตรวจสอบยืนยันผลการวินิจฉัย

นำผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1 และ 2 มาตรวจสอบด้วยเทคนิค gel electrophoresis โดยใช้ 1.2% agarose กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ และถ่ายภาพด้วย SmartView Pro 1200 Imager System (Scientific Biotech, Taiwan)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1 ด้วยไพรเมอร์ MLO-X และ Y พบว่า ปรากฏแถบดีเอ็นเอ จำนวน 1 แถบ ขนาดประมาณ 714 คู่เบส ในเลน 1 – 7 (อ้อยตัวอย่างที่ 1 – 7 แสดงอาการของโรคใบขาว) ในขณะที่เลน 8 – 14 (อ้อยตัวอย่างที่ 8 – 14 ปราศจากเชื้อไฟโตพลาสมา) และเลน N (ไม่เติมจีโนมิกดีเอ็นเอ) ไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ (Figure 2)

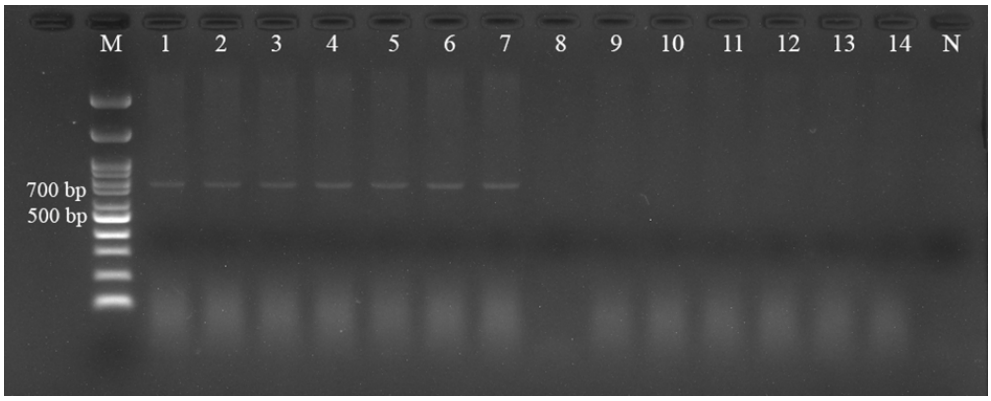


Figure 2 PCR results of MLO (X+Y) primers on SCWL diagnostic (the 1st PCR). The 714 bp DNA band of SCWL was shown in lanes 1 – 7 (SCWL). There was no corresponding DNA band in lanes 8 – 14 (*in vitro* sugarcane) and Lane N (negative control without genomic DNA). Lane M was a 100 bp DNA ladder.

ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 2 ด้วยไพรเมอร์ P1 และ P2 และใช้ผลผลิตจากปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1 เป็นดีเอ็นเอแม่แบบ พบว่า ปรากฏแถบดีเอ็นเอ จำนวน 4 แถบ มีขนาด 714, 616, 302 และ 204 คู่เบส ในเลน 1 – 7 (อ้อยตัวอย่างที่ 1 – 7 แสดงอาการของโรคใบขาว) ในขณะที่เลน 8 – 14 (อ้อยตัวอย่างที่ 8 – 14 ปราศจากเชื้อไฟโตพลาสมา) และเลน N (ไม่เติมจีโนมิกดีเอ็นเอ) ไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ (Figure 3) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การตรวจวินิจฉัยไฟโตพลาสมาในใบอ้อยด้วย nested-PCR ปรากฏแถบดีเอ็นเออย่างชัดเจน ในอ้อยตัวอย่างที่ 1 – 7 ที่แสดงอาการของโรคใบขาว แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอ้อยที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ (*in vitro* sugarcane) สอดคล้องกับ Hanboonsong et al. (2005) ที่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ จำนวน 1 แถบ ขนาด 210 คู่เบส ในการตรวจสอบไฟโตพลาสมาสาเหตุโรคใบขาวของอ้อยในเพลี้ยจั๊กจั่น แต่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้หลายตำแหน่งมากยิ่งขึ้น จึงปรากฏแถบดีเอ็นเออย่างชัดเจน จำนวน 4 แถบ

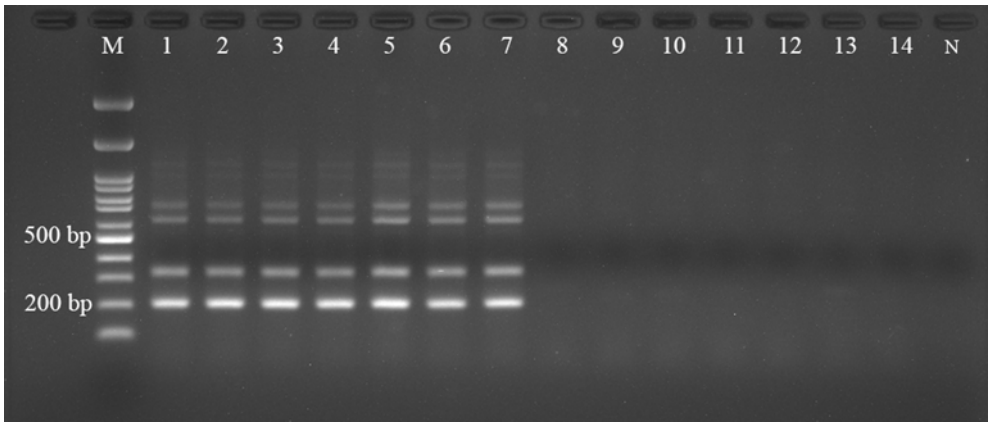


Figure 3 PCR results of P1 and P2 primers on SCWL diagnostic (the 2nd PCR). The 714, 616, 302 and 204 bp DNA bands of SCWL were shown in lanes 1 – 7 (SCWL). There was no corresponding to SCWL DNA band in the Lanes 8 – 14 (*in vitro* sugarcane) and Lane N (negative control without genomic DNA). Lane M was a 100 bp DNA ladder.

ผลการวิเคราะห์ลำดับดีเอ็นเอ Accession: CU469464.1 จากฐานข้อมูลออนไลน์ National Center for Biotechnology Information (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/) พบว่า ตำแหน่งที่ไพรเมอร์จับกับดีเอ็นเอแม่แบบ ดัง Figure 4 และขนาดของผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส ดัง Table 1 ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอ จำนวน 4 แถบ มีขนาด ดังนี้

1) แถบดีเอ็นเอ ขนาด 714 คู่เบส เกิดจากไพรเมอร์ MLO-X และ Y ที่หลงเหลือจากปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1

2) แถบดีเอ็นเอ ขนาด 616 คู่เบส เกิดจากไพรเมอร์ MLO-X ที่หลงเหลือจากปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1 และไพรเมอร์ P2

3) แถบดีเอ็นเอ ขนาด 302 คู่เบส เกิดจากไพรเมอร์ P1 และไพรเมอร์ MLO-Y หลงเหลือจากปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1

4) แถบดีเอ็นเอ ขนาด 204 คู่เบส เกิดจากไพรเมอร์ P1 และ P2

ผลผลิต nested-PCR ของไพรเมอร์คู่ที่ 1 (MLO-X และ Y) ปรากฏแถบดีเอ็นเอ ขนาด 714 คู่เบส ในอ้อยที่แสดงอาการของโรคใบขาว แต่ไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอในอ้อยที่ปราศจากเชื้อไฟโตพลาสมา (Figure 2) ได้อย่างถูกต้องตั้งแต่ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1 นอกจากนี้ ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 2 ยังปรากฏแถบดีเอ็นเอ ขนาด 714, 616, 302 และ 204 คู่เบส แตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างอ้อยที่แสดงอาการของโรคใบขาวกับอ้อยที่ปราศจากเชื้อไฟโตพลาสมา (Figure 3) ซึ่งเป็นผลมาจากไพรเมอร์ MLO-X และ Y ที่หลงเหลือจากจากปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส รอบที่ 1 และเกิดการเข้าคู่กันใหม่กับ ไพรเมอร์ P1 และ P2 ในปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสรอบที่ 2 รวมเป็นไพรเมอร์ จำนวน 4 ชนิด ใน 1 ปฏิกิริยา (Multiplex PCR) ทำให้เกิดรูปแบบการเข้าคู่กันใหม่ของไพรเมอร์ จำนวน 4 แบบ ดังแสดงตำแหน่งและขนาดใน Figure 4 และTable 1

451,290 bp
ACTCCGCACAAGCGGTGGATCATGTTGTTTAATTCGAAGATACACGAAAAACCTTACCAGGTCTTGACAT
ACTCTGCAAAGCTATAGAAATATAGTGGAGGTTATCAGGGATACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTC
GTGTCGTGAGAT**GTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGC**GCAACCCTTATCGCTAGTTACCATCATTTAGTTG
MLO-X
GGCACTTTAGTGAGACTGCCAATGATAAATTGGAGGAAGGTGGGGATTACGTCAAATCATCATGCCCCTT
ATGACCTGGGCTACAAACGTGATACAATGGCTGTTACAAAGAGTAGCTGAAGCGTGAGTTTTTAGCAAAT
CTCAAAAAAACAGTCTCAGTTCGGATTGAAGTCTGCAACTCGACTTCATGAAGTCGGAATCGCTAGTAAT
CGCGAATCAGCATGTCGTGGTGAATACGTTCTCGGGGTTTGTACACACCGCCCGTCAAACCATGAAAGTT
GACAATACTCGAAACCAGTAGCCTAACTTGCAAAAGAGGGAACTGTCTAAGGTAGGGTCGATGATTGGGG
TTAA**GTCGTAACAAGGTATCCCTACCGG**AAGGTGGGGATGGATCACCTCCTTTCTAAGGAAAATATCATC
P1
TTCAGTTGTGAAAGACTTAAAAAAGTTTTTTATTTTTTAAGATAAAAATAAATAATGGTCCGGGGCCTAT
AGCTCAGTTGGTTAGAGCACACGCCTGATAAGCGTGAGGTCGAT**GGTTCGAGTCCATTTAGGCCCACC**AA
P2
AGTATTTATCTTAAGAAAACAAGCTCTTTGAAAAGTAGATAAATTAAGGTTAAAAGAATTGAAGAAATTA
AG**GGCGCACAGTGGATGCCTTGGCAC**TAAGAGACGATGAAGGACGCAATTAACGGCGAAACGTCACGGGG
MLO-Y
AGCTGTACATAAGTGAAGATCCGTGGATTTCCGAATGGGGCAACCCGCTATGTTAAAAACATTAGCATCT
TTGTTTTATAACAAAGAAGAAAACGCAGTGAACTGAAATATCTAAGTAACTGCAGGAACAGAAAGTAATA
452,340 bp

Figure 4 Nucleotide sequences of *Candidatus* Phytoplasma mali (accession CU469464.1 on 451,290 – 452,340 bp) from National Center for Biotechnology Information. Bold capital letters with underline indicated the sequence and specific site of each primer. Bold capital letters without underline indicated nucleotides that does not match the primer.

Table 1 Primers used in nested-PCR and expected size of multiplex PCR products

No.	Primers (F)	Primers (R)	Expected size
1	MLO-X	MLO-Y	714 bp
2	MLO-X	P2	616 bp
3	P1	MLO-Y	302 bp
4	P1	P2	204 bp

ผลการเติมสีย้อมเรืองแสงในผลผลิต nested-PCR พบว่า หลอดทดลองที่ 1 – 7 (อ้อยตัวอย่างที่ 1 – 7 แสดงอาการของโรคใบขาว) เกิดการเรืองแสงภายใต้แสง UV ในขณะที่หลอดทดลอง 8 – 14 (อ้อยตัวอย่างที่ 8 – 14 ปราศจากเชื้อไฟโตพลาสมา) และ N (ไม่เติมจีโนมิกดีเอ็นเอ) ไม่เกิดการเรืองแสงภายใต้แสง UV (Figure 5) สอดคล้องกับ Figure 3 ที่พบแถบดีเอ็นเอที่ชัดเจน จำนวน 4 แถบ ในเลน 1 – 7 แต่ไม่พบแถบดีเอ็นเอในเลน 8 – 14 และเลน N

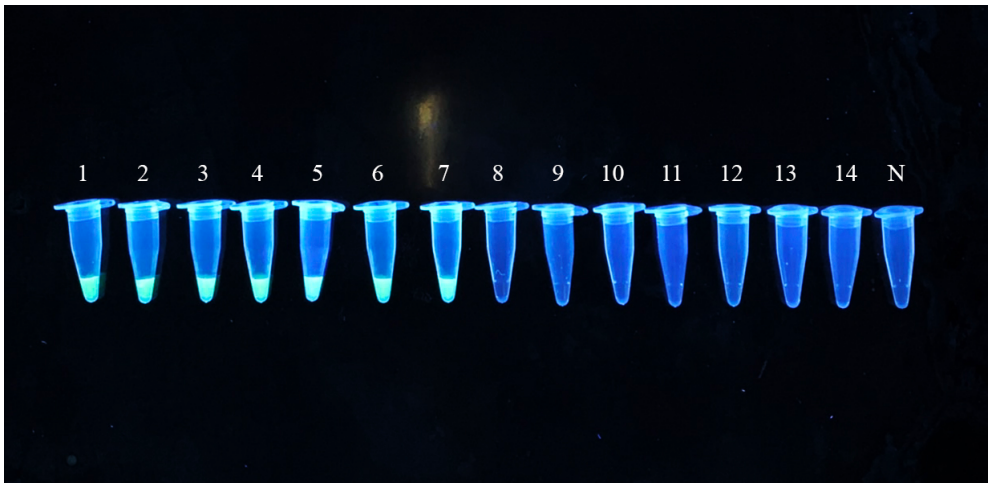


Figure 5 The fluorescence detection of nested-PCR results on SCWL diagnostic. The tubes 1 – 7 (SCWL) emitted green fluorescence under UV light but the tube 8 – 14 (*in vitro* sugarcane) and N (negative control without genomic DNA) did not emit.

เทคนิค PCR-fluorescent เผยแพร่ครั้งแรกในปี 2564 ใช้ในการตรวจสอบเพศอินทผลัม จะเติมสีย้อมเรืองแสงลงในหลอด PCR หลังจากปฏิกิริยาเสร็จสิ้น แทนการตรวจสอบผลด้วย electrophoresis ทำให้ลดระยะเวลาในการตรวจผลอย่างน้อย 40 นาที จึงเป็นเทคนิคที่รวดเร็วกว่าเทคนิคดั้งเดิม (Intha et al., 2021) จนถึงปัจจุบัน ยังไม่มีผลงานวิจัยการใช้สีย้อมเรืองแสงในการตรวจวินิจฉัยโรคใบขาวในอ้อย การตรวจสอบผลการทดลองด้วยวิธีเติมสีย้อมเรืองแสง จึงเหมาะสำหรับการตรวจสอบผลการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอภายในหลอดทดลองที่แสดงผลเป็นบวก (positive) หรือ ลบ (negative) หากมีดีเอ็นเอเกิดขึ้นในหลอดทดลองจำนวนมาก การเรืองแสงก็จะชัดเจนมากยิ่งขึ้น สีย้อมเรืองแสง (fluorescent dye) ส่วนมากถูกใช้ในการติดฉลากกับโพรบ (fluorophore-labeled probe) (Melinger et al., 2016) สำหรับ real-time PCR (Wilson et al., 2011) สีย้อมเรืองแสงเป็นสารประกอบทางสารเคมีจะเรืองแสงเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง (Stockert and Blázquez-Castro, 2017; Chinnappan et al., 2019; Intha et al., 2021) สีย้อมเรืองแสงมีบทบาทสำคัญในการศึกษากรดนิวคลีอิก มักถูกใช้เป็น reporter ร่วมกับแสง UV ตัวอย่างเช่น RedSafe™ (iNtRON Biotechnology, USA) ดูดกลืนแสงที่มีความยาว 514 นาโนเมตร แล้วเรืองแสงที่มีความยาว 537 นาโนเมตร ในขณะที่ SYBR Green I (Thermo Fisher Scientific, Australia) ดูดกลืนแสงที่มีความยาว 497 นาโนเมตร แล้วเรืองแสงที่มีความยาว 520 นาโนเมตร (Intha et al., 2021) เมื่อเติมสีย้อมเรืองแสงลงในผลผลิตปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (PCR product) สีย้อมเรืองแสงจะแทรกตัวเข้าไประหว่างดีเอ็นเอสายคู่ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง UV ก็จะเรืองแสงออกมา หากไม่มีดีเอ็นเอ

สายคู่สารเรืองแสงจะอยู่อย่างอิสระจึงไม่เกิดการเรืองแสงหรือเปล่งแสงที่ความเข้มแสงต่ำ (Zipper et al., 2004; Intha et al., 2021) ด้วยเหตุนี้จึงสามารถตรวจสอบผลได้ด้วยการเรืองแสง (positive) หรือ ไม่เรืองแสง (negative)

ข้อเสนอแนะ ควรทำการศึกษาความไว (sensitivity) ของไพรเมอร์ที่ใช้ใน nested-PCR เพิ่มเติม เช่น เปรียบเทียบความเข้มข้นของไพรเมอร์ที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบอุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยา เป็นต้น อีกทั้งยังควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างพืชทดสอบและทำซ้ำ เพื่อยืนยันความแม่นยำของวิธีการตรวจวินิจฉัย

สรุปผลการศึกษา

การพัฒนาเทคนิค nested-PCR สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของไฟโตพลาสมาได้อย่างจำเพาะ ปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 714, 616, 302 และ 204 คู่เบส แต่ไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอในตัวอย่างอ้อยปลอดโรค การตรวจสอบผลด้วยสีย้อมเรืองแสง (PCR-fluorescent) พบการเรืองแสงในหลอดทดลองของอ้อยที่มีไฟโตพลาสมาอย่างชัดเจน แต่ไม่พบการเรืองแสงในตัวอย่างอ้อยปลอดโรค เทคนิคที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความแม่นยำ และสามารถลดระยะเวลาในการตรวจสอบผล nested-PCR ได้

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอุทยานวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนครุภัณฑ์และสถานที่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

การส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม ออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการวิจัย เก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนต้นฉบับ: นพรัตน์ อินถา. มีส่วนร่วมในการปฏิบัติการวิจัย เก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนต้นฉบับ: นุชนาฏ ภักดี.

เอกสารอ้างอิง

Chinnappan, R., Mohammed, R., Yaqinuddin, A., Abu-Salah K., & Zourob, M. (2019). Highly sensitive multiplex detection of microRNA by competitive DNA strand displacement fluorescence assay. **Talanta**, 200(1), 487-493.

Doyle, J. J., & Doyle, J. L. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, 12(1), 13-15.

Hamarn, T. (2017). **Management of Sugarcane White Leaf Disease (Report of the Outbreak of Sugarcane White Leaf Disease)**. Office of the Cane and Sugar Board. (in Thai).

Hanboonsong, Y., Ritthison, W., & Choosai, C. (2005). Molecular detection and transmission of sugarcane white leaf Phytoplasma in leafhoppers. **KKU Research Journal**, 10(1), 13-21. (in Thai).

Hanboonsong, Y., Wangkeeree, J., Kobori, Y. (2016) Integrated management of vectors of sugarcane white leaf disease in Thailand: an update. In **Proceedings of the 29th International Society of Sugar Cane Technologists**, pp. 1258-1263. Thailand Society of Sugar Cane Technologists.

Intha, N., Phakdee, N., Tao, R., & Chaiprasart, P. (2021). Single tube amplification and detection of male date palm using polymerase chain reaction and loop-mediated isothermal amplification technique. **Agriculture and Natural Resources**, 55(4), 628-633.

Kavakita, H., Saiki, T., Mitsuhashi, W., Watanabe, K., & Sato, M. (2000). Identification of mulberry dwarf phytoplasma in the genital and eggs of leafhopper *Hishimonoides sellatiformis*. **Phytopathology**, 90(8), 909-914.

Kirdat, K., Tiwarekar, B., Thorat, V., Sathe, S., Shouche, Y., & Yadav, A. (2021). *Candidatus* Phytoplasma sacchari, a novel taxon - associated with sugarcane grassy shoot (SCGS) disease. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, 71(1), 004591.

Melinger, J. A., Khachatrian, A., Ancona, M. G., Buckhout-White, S., Goldman, E. R., Spillmann, C. M., Medintz I. L., & Cunningham, P. D. (2016). FRET from multiple pathways in fluorophore-labeled DNA. **ACS Photonics**, 3(4), 659-669.

Nasare, K., Yadav, A., Singh, A. K., Shivasharanappa, K. B.,. Nerkar, Y. S., & Reddy, V. S. (2007). Molecular and symptom analysis reveal the presence of new phytoplasmas associated with sugarcane grassy shoot disease in India. **Plant Disease**, 91(11), 1413-1418.

Office of The Cane and Sugar Board. (2024). **Sugarcane Cultivation Situation Report, Production Year 2023/24**. Office of the Cane and Sugar Board. (in Thai).

Pessoa, F. M. C. d. P., de Oliveira, M. B., Barreto, I. V., Machado, A. K. d. C., Oliveira, D. S. d., Ribeiro, R. M., Medeiros, J. C., Maciel, A. d. R., Silva, F. A. C., Gurgel, L. A., de Albuquerque, K. M. C., Lopes, G. S., Vieira, R. P. G., Arraes, J. A., Alencar Filho, M. S. d., Khayat, A. S., Moraes, M. E. A. d., de Moraes Filho, M. O., & Moreira-Nunes, C. A. (2024). Nested-PCR vs. RT-qPCR: A sensitivity comparison in the detection of genetic alterations in patients with acute leukemias. **DNA**, 4(3), 285-299.

Shen, C. H. (2019). **Diagnostic Molecular Biology**. Academic Press.

Smart, C. D., Schneider, B., Blomquist, C., Guerra, L. J., Harrison, N. A., Ahrens, U., Lorenz, K. H., Seemüller, E., & Kirkpatrick, B. C. (1996). Identification of phytoplasma strain-specific PCR primers obtained from 16S/23S rRNA spacer sequences. **Applied and Environmental Microbiology**, 62(8), 2988-2993.

Sroykaew, J., Leksakul, K., Boonyawan D., & Akarapisan, A. (2018). Treating white leaf disease in sugarcane cuttings using solution plasma. **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences**, 17(1), 61-72.

Stockert, J. C., & Blázquez-Castro, A. (2017). **Fluorescence Microscopy in Life Sciences**. Bentham Science Publishers.

Webb, D. R., Bonfiglioli, R. G., Carraro, L., Osler R., & Symons, R. H. (1998). Oligonucleotide as hybridization probes to localize phytoplasmas in host plants and insect vectors. **Phytopathology**, 89(10), 894-901.

Wilson, P. M., Labonte, M. J., Russell, J., Louie, S., Ghobrial, A. A., & Ladner, R. D. (2011). A novel fluorescence-based assay for the rapid detection and quantification of cellular deoxyribonucleoside triphosphates. **Nucleic Acids Research**, 39(17), e112.

Zipper, H., Brunner, H., Bernhagen, J., & Vitzthum, F. (2004). Investigations on DNA intercalation and surface binding by SYBR Green I, its structure determination and methodological implications. **Nucleic Acids Research**, 32(12), e103.

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์
The Online Marketing Mix Factors Influencing the Purchase of Auspicious Trees in E-Commerce

มณินฐิสา วงศ์สง่า[1*], ณัฐกร สงคราม[1] และเนาวนิตย์ สงคราม[2]
Maninthisa Wongsanga[1*], Nutthakorn Songkram[1] and Noawanit Songkram[2]
Received date: 17 ก.พ. 68 Revised date: 4 เม.ย. 68 Accepted date: 4 เม.ย. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265118

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพฯ ที่มีประสบการณ์ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุมากกว่า 18 ปีขึ้นไป จำนวน 456 คน จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน วิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง การศึกษาระดับปริญญาตรี มีอายุ 21-30 ปี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,001 – 25,000 บาท ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน และมีสถานภาพโสด แสดงให้เห็นว่าผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นกลุ่มที่มีกำลังซื้อ ถือว่าเป็นกลุ่มที่มีฐานะทางการเงินค่อนข้างมั่นคง และเป็นการตัดสินใจด้วยตนเอง ด้านปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ พบว่า ส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.68 (S.D. = 0.384) เมื่อนำปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์มากระจายรายประเด็นใน 3 ลำดับแรก ได้แก่ ด้านการรักษาความเป็นส่วนตัว มีค่าเฉลี่ย 4.75 (S.D. = 0.401) ด้านการให้บริการแบบเจาะจง มีค่าเฉลี่ย 4.71 (S.D. = 0.411) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย มีค่าเฉลี่ย 4.70 (S.D. = 0.346) ตามลำดับ การตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในพื้นที่เขตกรุงเทพฯ อายุ 18 ปีขึ้นไป ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.36 (S.D. = 0.544) เมื่อนำการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากระจายรายประเด็นใน 3 ลำดับแรก ได้แก่ การซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีความง่ายและสะดวก มีค่าเฉลี่ย 4.63 (S.D. = 0.591) การซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเฉลี่ย 4.46 (S.D. = 0.649) เปรียบเทียบราคาของไม้มงคลก่อนที่ตัดสินใจซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเฉลี่ย 4.39 (S.D. = 0.763) ตามลำดับ และความผันแปรของการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้ที่ร้อยละ 14.3 (R^2= 0.143) ซึ่งตัวแปรที่นำมาเพื่อทำการพยากรณ์ประกอบด้วย ส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านการส่งเสริมการตลาด

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความโดดเด่นและแตกต่างจากตลาดทั่วไป รวมถึงการกำหนดราคาที่เหมาะสมและคุ้มค่า จะช่วยเพิ่มโอกาสให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อไม้มงคลทางออนไลน์ได้มากขึ้น โดยร้านค้าออนไลน์ควรให้ความสำคัญกับการนำเสนอรายละเอียดของไม้มงคลให้ชัดเจน ทั้งในแง่ของคุณภาพ ความเป็นมงคล และวิธีการดูแล เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ซื้อ ในขณะเดียวกันควรมีการใช้กลยุทธ์ทางการตลาดที่สอดคล้อง เช่น รีวิวจากผู้ใช้จริง วิดีโอรีวิว หรือโปรโมชั่นส่งเสริมการขาย เพื่อกระตุ้นการตัดสินใจซื้อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: ส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ ไม้มงคล พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ การตัดสินใจซื้อ

Abstract

The purpose of this article is to study the online marketing mix factors influencing the purchase of auspicious plants in e-commerce. The sample group consisted of 456 consumers living in Bangkok who had experience purchasing auspicious plants online and were aged 18 years or older. The sampling method used was accidental sampling, and data were collected using questionnaire. The statistical methods used for data analysis included descriptive statistics (frequency, percentage, mean, and standard deviation) and inferential

[1] ภาควิชานวัตกรรมการสื่อสารและพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[2] ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
[1] Department of Communication Innovation and Agricultural Development, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520
[2] Educational Technology and Communications, Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330
[*] Corresponding author: 63604043@kmitl.ac.th

statistics, specifically multiple regression analysis. The results showed that the majority of the sample were female, held a bachelor's degree, were aged 21-30 years, had an average monthly income of 15,001 – 25,000 Baht, worked in private companies, and were single. This indicates that consumers purchasing auspicious plants via e-commerce belong to a financially stable group with purchasing power and make independent buying decisions. Regarding the online marketing mix factors, the overall level was found to be very high, with a mean score of 4.68 (S.D. = 0.384). When breaking down the marketing mix factors into specific aspects, the top three aspects were Privacy protection, with a mean score of 4.75 (S.D. = 0.401), Personalized services, with a mean score of 4.71 (S.D. = 0.411), and Distribution channels, with a mean score of 4.70 (S.D. = 0.346). For the decision to purchase auspicious plants in e-commerce, it was found that consumers in Bangkok aged 18 and older had an overall very high level of decision-making, with a mean score of 4.36 (S.D. = 0.544). When breaking down the purchase decision into specific aspects, the top three aspects were Ease and convenience of purchasing auspicious plants online, with a mean score of 4.63 (S.D. = 0.591), Overall purchasing of auspicious plants in e-commerce, with a mean score of 4.46 (S.D. = 0.649), and Price comparison before purchasing auspicious plants online, with a mean score of 4.39 (S.D. = 0.763). The variability in purchasing decisions for auspicious plants in e-commerce was 14.3% (R^2 = 0.143), with predictive variables including online marketing mix factors, product factors, price factors, and marketing promotion factors.

Developing distinctive and unique products compared to the general market, along with setting reasonable and worthwhile pricing, can enhance consumers' decision-making in purchasing auspicious plants online. Online retailers should focus on clearly presenting details about auspicious plants, including quality, auspicious significance, and care instructions, to build consumer confidence. Additionally, implementing relevant marketing strategies, such as customer reviews, video reviews, and promotional campaigns, can further encourage purchasing decisions and improve overall sales performance.

Keywords: online marketing mix, lucky plants, electronic commerce, purchase decision

คำนำ

จากสถานการณ์ปัจจุบันที่มีการแปรเปลี่ยนด้านอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีทำให้อินเทอร์เน็ต มีความสำคัญในชีวิตความเป็นอยู่มากยิ่งขึ้น ประกอบด้วย สถานการณ์แพร่ระบาดของโรค COVID-19 ที่เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้ผู้คนหันมาซื้อขายหรือทำธุรกิจผ่านช่องทางออนไลน์ โดยในช่วงที่ผ่านมา ธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-commerce) มีแนวโน้มก้าวหน้าอย่างเร็ว และนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภค มีการปรับเปลี่ยนไปพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น ซึ่งผู้บริโภคจำเป็นต้องทำให้คุ้นชินและปรับตัวกับการซื้อสินค้าผ่านทางออนไลน์ ส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องเร่งเปลี่ยนแปลง โดยหันมาสนใจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ตอบโจทย์กับความต้องการของผู้บริโภค และทำให้พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว

ทั้งนี้แนวโน้มเกี่ยวกับพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในไทยพบว่ากำลังเป็นที่นิยมอย่างมาก จะเห็นได้จาก การมีร้านค้าที่ขายสินค้าและบริการโดยใช้อินเทอร์เน็ตหรือผ่านช่องทางออนไลน์ค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นธุรกิจที่เริ่มต้นง่าย ต้นทุนต่ำ และไม่จำเป็นต้องมีหน้าร้าน สามารถเปิดร้านได้ตลอด ซึ่งลูกค้าก็สามารถเข้ามาเลือกชมสินค้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง มีระบบชำระเงินรวดเร็วและมีความสะดวก จัดการร้านค้าได้ง่าย ซึ่งลูกค้าก็นิยมซื้อของผ่านทางออนไลน์กันมากขึ้น เนื่องจากเป็นการใช้เวลาน้อยลงและสามารถเลือกซื้อสินค้าได้หลากหลาย (National Electronics and Computer Technology Center, 2021) และยอดการใช้จ่ายสินค้าออนไลน์ใน 13 กลุ่มสินค้ามีมูลค่าเพิ่มขึ้น 0.45 เท่า สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคในสถานการณ์ COVID-19 ที่มีการรักษาระยะห่างทางสังคม และส่วนหนึ่งคาดว่าเกิดจากมาตรการสนับสนุนการใช้จ่ายของรัฐบาล ที่สนับสนุนให้ใช้จ่ายในสินค้าที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต (Office of Trade Policy and Strategy, Ministry of Commerce, 2021)

ในปี 2564 มูลค่าตลาดอีคอมเมิร์ซในประเทศไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยคาดการณ์ว่าจะมีมูลค่าประมาณ 4.01 ล้านล้านบาท หรือเติบโตร้อยละ 6.11 จากปี 2563 การแพร่ระบาดของโรค COVID-19 ส่งผลให้พฤติกรรมผู้บริโภคเปลี่ยนไป โดยหันมาซื้อสินค้าออนไลน์มากขึ้น จากการสำรวจในไตรมาสแรกของปี 2564 พบว่ามูลค่าการซื้อสินค้าออนไลน์เพิ่มขึ้นร้อยละ 45.05 เมื่อเทียบกับเดือนพฤศจิกายน 2563 ซึ่งเป็นผลจากพฤติกรรมในช่วงสถานการณ์โควิด-19 และมาตรการสนับสนุนการใช้จ่ายของภาครัฐ (National Electronics and Computer Technology Center, 2021)

ในยุคที่พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เติบโตอย่างรวดเร็ว ปัจจัยด้านการตลาดมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการขายสินค้าออนไลน์ โดยเฉพาะสินค้าที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อและจิตใจ เช่น ไม้มงคล เป็นต้น สามารถเชื่อมโยงกับแนวคิดส่วนผสมทางการตลาด 6P (Marketing Mix) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสม โดยสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) ไม้มงคลเป็นสินค้าที่มีคุณค่าเชิงสัญลักษณ์และจิตใจมากกว่าการเป็นเพียงพืชตกแต่งบ้าน ผู้บริโภคมักเลือกซื้อต้นไม้ที่มีความหมายดีและเชื่อว่าสามารถนำโชคลาภมาให้ เช่น ต้นกวักมรกต ต้นวาสนา และต้นเศรษฐีเรือนใน (Sriklai, 2020) การตลาดของสินค้าประเภทนี้จึงต้องเน้นการนำเสนอคุณค่าทางอารมณ์และความเชื่อให้แก่ลูกค้า เช่น การระบุชื่อมงคล ประโยชน์ของต้นไม้ และวิธีการดูแลที่ช่วยให้ต้นไม้อายุยืน

ด้านราคา (Price) ราคาของไม้มงคลมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ขนาด สายพันธุ์ และความหายากของต้นไม้ ผู้ประกอบการที่ขายผ่านช่องทางออนไลน์มักใช้กลยุทธ์ด้านราคาที่ดึงดูดลูกค้า เช่น การตั้งราคาพิเศษในช่วงโปรโมชั่น การเสนอส่วนลดพิเศษ และการใช้ระบบชำระเงินที่ยืดหยุ่น เช่น การผ่อนชำระหรือการเก็บเงินปลายทาง (Office of Trade Policy and Strategy, Ministry of Commerce, 2021) การกำหนดราคาที่เหมาะสมและแข่งขันได้ช่วยให้ธุรกิจสามารถเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้กว้างขึ้น

ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) ในยุคดิจิทัล ไม้มงคลสามารถจำหน่ายผ่านแพลตฟอร์มพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น Shopee, Lazada, Facebook Marketplace และเว็บไซต์เฉพาะทางสำหรับต้นไม้ การขายออนไลน์ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อสินค้าได้สะดวกขึ้นโดยไม่ต้องเดินทางไปยังร้านค้า และยังช่วยให้สามารถเปรียบเทียบราคาและอ่านรีวิวจากลูกค้ารายอื่นก่อนตัดสินใจซื้อ (National Electronics and Computer Technology Center, 2021) อีกทั้งการจัดส่งที่รวดเร็วและมีคุณภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของลูกค้า

ด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion) กลยุทธ์การตลาดออนไลน์มีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความสนใจและกระตุ้นยอดขายไม้มงคล ผู้ขายนิยมใช้วิธีการทำการตลาดผ่านโซเชียลมีเดีย เช่น การใช้ Facebook Live เพื่อแสดงต้นไม้จริงก่อนการขาย การใช้รีวิวจากลูกค้า และการใช้ Influencer Marketing เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือ (Electronic Transactions Development Agency, 2021) นอกจากนี้ การทำโปรโมชั่น เช่น Flash Sale หรือการแจกของแถมยังช่วยเพิ่มความจูงใจในการซื้อสินค้า

ด้านการรักษาความเป็นส่วนตัว (Personalization) พนักงานขายที่มีความรู้เกี่ยวกับไม้มงคลสามารถให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่ลูกค้า ทำให้เกิดความไว้วางใจและเพิ่มโอกาสในการขาย งานวิจัยของ Kotler and Keller (2016) ระบุว่า "บุคลากร" เป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสบการณ์ของลูกค้าในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะการขายสินค้าที่ต้องอาศัยคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ เช่น วิธีการดูแลต้นไม้ การเลือกต้นไม้ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นหลังการซื้อ

ด้านการให้บริการส่วนบุคคล (Privacy) การดำเนินงานที่ราบรื่นตั้งแต่ขั้นตอนการสั่งซื้อจนถึงการจัดส่งสินค้าเป็นปัจจัยที่ช่วยสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับลูกค้า เว็บไซต์หรือแพลตฟอร์มที่มีระบบการสั่งซื้อที่ง่าย ชำระเงินสะดวก และมีการแจ้งเตือนสถานะคำสั่งซื้อเป็นระยะจะช่วยเพิ่มความมั่นใจให้กับลูกค้า นอกจากนี้ การให้บริการหลังการขาย เช่น การรับประกันต้นไม้ การให้คำแนะนำเกี่ยวกับการดูแล และนโยบายการคืนสินค้าเป็นปัจจัยที่ช่วยสร้างความภักดีของลูกค้า (Electronic Transactions Development Agency, 2021)

การนำแนวคิด Marketing Mix 6P มาใช้ในการวิเคราะห์การซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ช่วยให้เข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ธุรกิจที่สามารถพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดให้สอดคล้องกับปัจจัยเหล่านี้จะสามารถสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันและเพิ่มโอกาสในการเติบโตในตลาดพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างยั่งยืน

นอกจากสินค้าทั่วไปที่ใช้ได้รับความนิยมในการซื้อผ่านทางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์แล้ว ช่วงที่มีโรคระบาด COVID-19 ที่ผ่านมามีกระแสความนิยมเกี่ยวกับการปลูกต้นไม้เพื่อตกแต่งบ้าน เนื่องจากมีการล็อกดาวน์ทำให้ผู้คนเกิดความเบื่อหน่าย จึงหากิจกรรมมาทำระหว่างการกักตัว และหนึ่งในนั้นคือการปลูกต้นไม้ ซึ่งกระแสความนิยมในการปลูกต้นไม้นั้นมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น ไม้ด่าง กระบองเพชร เป็นต้น แต่อีกหนึ่งกระแสที่ได้รับความนิยม คือ ต้นไม้มงคล ซึ่งตามคติความเชื่อและค่านิยมของคนไทยมักหาสิ่งของที่เป็นมงคล และสิ่งที่ดีเข้าบ้าน รวมถึงต้นไม้มงคลเช่นกัน ซึ่งกระแสนี้ไม่มีการระบุว่าใครเป็นคนคิดคนแรก แต่ยังคงได้รับความนิยมมาก สำหรับตลาดต้นไม้และไม้มงคล พบว่ามีการเติบโตในช่องทางออนไลน์เช่นกัน ผู้บริโภคหันมาซื้อต้นไม้ผ่านช่องทางออนไลน์มากขึ้น โดยเหตุผลหลักคือความสะดวกสบายและการเข้าถึงข้อมูลที่ง่ายขึ้น แสดงให้เห็นว่าตลาดอีคอมเมิร์ซในประเทศไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องในปี 2564 และพฤติกรรมผู้บริโภคที่หันมาซื้อสินค้าออนไลน์ รวมถึงต้นไม้และไม้มงคล มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (Jekphu, 2021)

การปลูกต้นไม้มงคลกับความเชื่อความศรัทธาของคนไทยเหมือนเป็นสิ่งที่อยู่คู่กัน แม้ว่าคนไทยจะมีเรื่องของความเชื่อที่แตกต่างกัน เรื่องการเสริมดวงชะตาหลากหลายวิธี เช่น การไหว้พระไหว้เจ้า การจัดฮวงจุ้ย การทำบุญเสริมดวงชะตา และวัตถุ

มงคลต่าง ๆ เป็นต้น แม้ว่าวิทยาศาสตร์จะมีอิทธิพลต่อสังคมและพัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง แต่คนไทยก็ยังคงยึดมั่นในความเชื่อด้านความมงคลที่หยั่งรากลึกในจิตใจมาเป็นเวลานาน (Sriklai, 2020) ตลาดต้นไม้มงคล จึงได้รับความนิยมมากขึ้น อาจเพราะคนต้องการที่ยึดเหนี่ยวทางจิตใจ เพราะว่าคนไทยมีความเชื่อ ความศรัทธาที่มีต่อสิ่งที่เป็นสิริมงคล ในปัจจุบันมีการค้าขายต้นไม้มงคลอย่างแพร่หลาย โดยไม่ได้มีเพียงหน้าร้านอย่างเดียว แต่ยังมีการขายผ่านทางออนไลน์หรือโซเชียลมีเดียมากขึ้นด้วย (Sriklai, 2020) เนื่องจากผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อต้นไม้มงคลได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และสามารถติดต่อพูดคุยกับผู้ขายได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วมากขึ้น

จากที่กล่าวมา แนวโน้มการเติบโตของพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ และแนวโน้มการนิยมปลูกต้นไม้มงคล จึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเข้าใจพฤติกรรมผู้บริโภคในการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดให้เหมาะสมกับพฤติกรรมและความคาดหวังของผู้บริโภคในอนาคต และนำไปประยุกต์ใช้เป็นการเพิ่มโอกาสการขายไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วิธีการศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษา ทบทวนเอกสารงานวิจัย โดยนำทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวเนื่องกันมาใช้ในการกำหนดแนวทางในการดำเนินงาน ได้แก่ แนวคิด ทฤษฎีด้านประชากรศาสตร์ ด้านส่วนประสมทางการตลาด แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภค รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. กำหนดขนาดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง โดยประชากรในการศึกษาวิจัยนี้ คือ ผู้ที่อยู่ในพื้นที่เขตกรุงเทพฯ อายุ 18 ปีขึ้นไป และเป็นผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งไม่ทราบจำนวนของกลุ่มตัวอย่าง จึงใช้สูตร Cochran (1977) โดยที่กำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ร้อยละ 95 และระดับของค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 จะได้กลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเท่ากับ 385 ตัวอย่าง ทั้งนี้จึงเก็บกลุ่มตัวอย่างเกินจำนวนที่กำหนด เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นหรือป้องกันความคลาดเคลื่อนจึงเพิ่มขนาดของกลุ่มอีก 10% จึงได้จำนวน 423.5 ตัวอย่าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเก็บรวบรวมข้อมูล 425 ตัวอย่าง โดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) ทำการเผยแพร่แบบสอบถามออนไลน์

3. การตรวจสอบของคุณภาพของเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การทำวิจัยเป็นเชิงปริมาณ โดยการใช้แบบสอบถามที่ผ่านกระบวนการทดสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: index of item objective congruence) แล้วนำไปทดลองใช้ (Tryout) กับกลุ่มเป้าหมายที่มีคุณสมบัติคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ชุด เพื่อตรวจสอบว่าข้อคำถามสามารถสื่อความหมายอย่างเหมาะสมและตรงตามความต้องการหรือไม่ จากนั้นทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยการใช้โปรแกรม SPSS ในการทดสอบหาความเชื่อมั่น ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาช (Cronbach’s Alpha Coefficient) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.94

4. การเก็บข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามที่อยู่ในพื้นที่เขตกรุงเทพฯ ที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป และเป็นผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 425 ตัวอย่าง

5. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ด้วยโปรแกรม SPSS ใช้ค่าสถิติ เชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าร้อยละ (Percentage) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ กับการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในพื้นที่เขตกรุงเทพฯ อายุ 18 ปี ขึ้นไป จำนวน 456 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 274 คน (ร้อยละ 60.1) มีค่าเฉลี่ยของช่วงอายุอยู่ที่ 21 – 30 ปี (ร้อยละ 34) สถานภาพโสด จำนวน 276 คน (ร้อยละ 60.5) ระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 270 คน (ร้อยละ 59.2) มีรายได้ส่วนมากเฉลี่ย 15,001-20,000 จำนวน 120 คน และ 20,001-25,000 บาท จำนวน 120 คน (ร้องละ 26.3) โดยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 122 คน (ร้อยละ 26.8) แสดงให้เห็นว่าผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นกลุ่มที่มีกำลังซื้อ โดย

ตรวจสอบ จากรายได้ต่อเดือน ที่ 15,001-25,000 บาท มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชนและมีสถานภาพ โสด ซึ่งถือว่ามั่นคงทางการเงิน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

จากผู้ตอบแบบสอบถามมีช่วงเวลาในการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่บ่อยที่สุด เวลาหลัง 20.00 จำนวน 231 คน (ร้อยละ 50.7) จำนวนครั้งในการซื้อไม้มงคลต่อเดือน น้อยกว่า 2 ครั้ง จำนวน 224 คน (ร้อยละ 49.1) ค่าใช้จ่ายในการซื้อไม้มงคลต่อครั้ง ไม่เกิน 300 บาท จำนวน 235 คน (ร้อยละ 51.5) ช่องทาง facebook เป็นช่องทางในการซื้อไม้มงคลที่บ่อยที่สุด จำนวน 194 คน (ร้อยละ 42.5) และผู้ที่มีอิทธิผลต่อการซื้อมากที่สุด เป็นการตัดสินใจด้วยตนเอง จำนวน 368 คน (ร้อยละ 80.7)

ส่วนที่ 3 ข้อมูลปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์

ผลจากการศึกษา พบว่า ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ในพื้นที่กรุงเทพฯ อายุ 18 ปี ขึ้นไป โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.68 (S.D. = 0.384) เมื่อนำมากระจายแต่ละประเด็นจะเรียงลำดับดังนี้ ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ ซึ่งอยู่ใน ระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านการรักษาความเป็นส่วนตัว ค่าเฉลี่ย 4.75 (S.D. = 0.401) ด้านการให้บริการแบบเจาะจง ค่าเฉลี่ย 4.71 (S.D. = 0.411) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ค่าเฉลี่ย 4.70 (S.D. = 0.346) ด้านผลิตภัณฑ์ค่าเฉลี่ย 4.68 (S.D. = 0.384) ด้านราคา ค่าเฉลี่ย 4.61 (S.D. = 0.430) และด้านการส่งเสริมการตลาด ค่าเฉลี่ย 4.60 (S.D. = 0.424)

ส่วนที่ 4 ปัจจัยในการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ผลจากการศึกษาพบข้อมูลในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

Table 1 Satisfaction with The Purchase of Lucky Plants Decisions

Ranking	Items	Statistical Value		Meaning
		$\bar{x}$	S.D.	
1	Do you think you want to buy auspicious Plants through e-commerce because it is convenient and easy.	4.63	0.591	highest
2	Do you think that before choosing to buy auspicious Plants through e-commerce, you will ask for information from people close to you or search for information on the internet.	4.17	0.931	high
3	Do you think you will compare the prices of auspicious plants before deciding to buy them through e-commerce.	4.39	0.763	highest
4	Do you think you will buy auspicious plants through e-commerce.	4.46	0.649	highest
5	Do you think you will share the pros and cons of buying auspicious plants through e-commerce.	4.19	0.926	high
	Total Average	4.36	0.544	highest

4.21-5.00 = highest; 3.41-4.20 = high; 2.61-3.40 = moderate; 1.81-2.60 = low; 1.00-1.80 = lowest.

จาก Table 1 การตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในพื้นที่เขตกรุงเทพฯ อายุ 18 ปีขึ้นไป โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.36 (S.D. = 0.544) เมื่อนำมากระจายในแต่ละประเด็นจะสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ การตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ท่านคิดว่าตนเองอยากซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากมีความสะดวกและง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.63 (S.D. = 0.591) ท่านคิดว่าตนเองจะซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเฉลี่ย 4.46 (S.D. = 0.649) ท่านคิดว่าตนเองจะเปรียบเทียบราคาของไม้มงคลก่อนที่ตัดสินใจซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเฉลี่ย 4.39 (S.D. = 0.763) ท่านคิดว่าตนเองจะบอกต่อข้อดีและข้อเสียของการซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเฉลี่ย 4.19 (S.D. = 0.926) ท่านคิดว่าก่อนที่ตนเองจะเลือกซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ จะสอบถามข้อมูลจากคนใกล้ตัวหรือหาข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต มีค่าเฉลี่ย 4.17 (S.D. = 0.931)

ส่วนที่ 5 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

H_0 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่ไม่มีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

H_1 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ผลการทดสอบทางสถิติ มีดังต่อไปนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลได้ดัง Table 2

Table 2 Satisfaction Pearson Correlations

Online marketing Mix	Product	Price	Place	Promotion	Personalization	Privacy	Decision
Product	*4.68 (0.384)*						
Price	0.468**	*4.61 (0.430)*					
Place	0.409**	0.590**	*4.70 (0.346)*				
Promotion	0.388**	0.502**	0.509**	*4.60 (0.424)*			
Personalization	0.440**	0.547**	0.612**	0.435**	*4.71 (0.411)*		
Privacy	0.376**	0.395**	0.519**	0.359**	0.582**	*4.75 (0.401)*	
Decision	0.306**	0.315**	0.253**	0.276**	0.241**	0.208**	*4.68 (0.384)*

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Italic: mean (standard deviation, S.D.).

ตัวแปรอิสระทุกตัวมีผลลัพธ์ต่อความสัมพันธ์ระหว่างกันในเชิงบวกโดยค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ไม่เกิน 0.80 ให้ความหมายว่า พบความสัมพันธ์ในระดับปานกลางถึงสูงของตัวแปรอิสระทุกตัว จึงไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาและนำตัวแปรทุกตัวไปใช้ในการพยากรณ์การตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้ เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดโดยรวมมีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลหรือไม่ จึงได้ดำเนินการทดสอบ ANOVA ซึ่งแสดงผลไว้ใน Table 3

Table 3 ANOVA Results of Marketing Mix Factors on Purchase Decisions

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F
1	Regression	19.315	6	3.219	12.496*
	Residual	115.670	449	0.258	
	Total	134.985	455		

a. Dependent Variable: Decisions

b. Predictors: (Constant), Privacy, Promotion, Product, Price, Personalization, Place

จะเห็นได้ว่า ได้ค่าสถิติทดสอบเอฟ เท่ากับ 12.496 และค่า Sig. มีค่า 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับ นัยสำคัญ (α = 0.01) สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และทำการยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) จึงอธิบายได้ว่าส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จึงนำไปสร้างเป็นสมการพยากรณ์เชิงเส้นตรง

สามารถอธิบายความผันแปรของการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้ที่ร้อยละ 14.3 (R^2= 0.143) ซึ่งตัวแปรที่นำมาเพื่อทำการพยากรณ์ประกอบด้วย ส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านการส่งเสริมการตลาด โดยมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ (R = 0.378) เพื่อวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดในส่วนประสมทางการตลาดมีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลอย่างมีนัยสำคัญ จึงได้ทำการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ โดยแสดงค่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัวไว้ใน Table 4

Table 4 Regression Coefficients of Marketing Mix Factors on Purchase Decisions

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	1.325	0.386		3.435
	Product	0.241	0.074	0.170	3.258***
	Price	0.196	0.076	0.155	2.582**
	Place	0.025	0.099	0.016	0.251
	Promotion	0.142	0.069	0.111	2.054*
	Personalization	0.007	0.083	0.005	0.084
	Privacy	0.044	0.076	0.032	0.578

a. Dependent Variable: Travailing Decisions
*: 0.05; **: 0.01; ***: 0.001.

พบว่า ส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านการส่งเสริมการตลาด สามารถอธิบายร่วมกันจากความผันแปร ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจึงนำตัวแปรด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านการส่งเสริมการตลาด มาสร้างเป็นสมการคำนวนพยากรณ์เชิงเส้นตรง โดยตัวแปรด้านผลิตภัณฑ์ สามารถอธิบายในการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้เป็นอันดับหนึ่ง (β = 0. 241) ตัวแปรด้านราคา สามารถอธิบายการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้ (β = 0. 196) และตัวแปรด้านการส่งเสริมการตลาด สามารถอธิบายการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้ (β = 0. 142)

โดยสรุป ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ พบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านการส่งเสริมการตลาดมีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยสามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ได้ที่ร้อยละ 14.3 (R^2= 0.143) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสามารถสร้างสมการพยากรณ์เชิงเส้นตรงได้ดังนี้

$$Y = 1.325 + 0.241X_1 + 0.196X_2 + 0.142X_4$$

X_1 = ด้านผลิตภัณฑ์
X_2 = ด้านราคา
X_4 = ด้านการส่งเสริมการตลาด

สมการสามารถอธิบายด้านผลิตภัณฑ์ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด แสดงว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพ ประเภท และคุณสมบัติของไม้มงคล ส่วนของด้านราคาเป็นปัจจัยสำคัญรองลงมา ผู้บริโภคอาจพิจารณาความคุ้มค่าของราคาเมื่อเลือกซื้อต้นไม้มงคล และส่วนด้านการส่งเสริมการตลาดมีผลต่อการซื้อเช่นกัน แต่มีอิทธิพลน้อยกว่าสองปัจจัยแรก สมการนี้อธิบายได้ว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์และกำหนดราคาที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มโอกาสในการตัดสินใจซื้อไม้มงคลทางออนไลน์ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้

จากการวิเคราะห์เพิ่มเติม ความสัมพันธ์ระหว่างด้านผลิตภัณฑ์และการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อได้ดีขึ้น โดยค่า R^2 = 0.18 ทำนายได้ว่า ตัวแปรอิสระที่นำมาใช้ในสมการสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ 18% หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ปัจจัยที่ศึกษาส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อหรือพฤติกรรมในระดับหนึ่ง แต่ยังมีปัจจัย

อื่น ๆ ที่ไม่ได้รวมอยู่ในแบบจำลองที่อาจมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออีก 82% ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างจากร้านค้าทั่วไป เช่น ไม้มงคลสายพันธุ์พิเศษ การคัดสรรที่มีคุณภาพ หรือการให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางความเชื่อและฮวงจุ้ยที่ครบถ้วน มีผลโดยตรงต่อความต้องการซื้อของผู้บริโภคผ่านช่องทางออนไลน์ ผู้บริโภคมองว่าหากสินค้าที่ต้องการมีเอกลักษณ์และหาซื้อยากจากร้านค้าทั่วไป การซื้อผ่านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์จะเป็นทางเลือกที่สะดวกกว่า

สินค้าเฉพาะทางกระตุ้นความสนใจของผู้ซื้อ ไม้มงคลที่มีลักษณะพิเศษหรือหายาก ทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่าสามารถเข้าถึงสินค้าดีๆ ได้ง่ายขึ้นผ่านช่องทางออนไลน์ ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์สร้างมูลค่าเพิ่ม ผู้ซื้ออาจมองว่าการซื้อไม้มงคลออนไลน์ช่วยให้พวกเขาได้รับสินค้าที่ไม่สามารถหาซื้อได้ง่ายในร้านค้าทั่วไป ทำให้เกิดความต้องการซื้อสูงขึ้น การแสดงจุดขายทางออนไลน์ช่วยเพิ่มความเชื่อมั่น หากร้านค้าออนไลน์นำเสนอข้อมูลสินค้าได้ชัดเจน เช่น รายละเอียดสายพันธุ์ การดูแลรักษา และคุณค่าทางความเชื่อ จะช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อง่ายขึ้น

ดังนั้น หากต้องการกระตุ้นยอดขายของไม้มงคลผ่านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ควรให้ความสำคัญกับการสร้างเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ การให้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจน และการนำเสนอจุดขายของสินค้า เพื่อเพิ่มแรงจูงใจในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

ดังนั้น จากการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุอยู่ในช่วง 21-30 ปี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง 15,001-25,000 บาท ระดับการศึกษาปริญญาตรี และประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน ซึ่งในกลุ่มนี้มีลักษณะทางประชากรที่สะท้อนถึงความมั่นคงทางการเงิน โดยรายได้และอาชีพมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าที่ต้องใช้เงินอย่างมีเหตุผล ดังนั้น การตัดสินใจซื้อไม้มงคลผ่านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีส่วนทำให้รับผลกระทบจากรายได้ ซึ่งสอดคล้องกับการมีกำลังซื้อสูงและการตัดสินใจด้วยตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มคนโสดที่ไม่มีภาระทางการเงินเพิ่มเติม

ในส่วนของเพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ และอาชีพ ที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chuaychoonoo (2016) ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านทางสังคมออนไลน์ ผลการวิจัยพบว่า เพศ อายุ ระดับ การศึกษา อาชีพ รายได้ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านทางสังคมออนไลน์ไม่แตกต่างกัน

ในส่วนของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ ชี้ให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด บริการส่วนบุคคล และรักษาความเป็นส่วนตัว เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อไม้มงคล ซึ่งเห็นความสำคัญ ในการให้บริการที่เน้นเรื่องของความเป็นส่วนตัว และความปลอดภัยในข้อมูลลูกค้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Trongjit (2016) ที่ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านช่องทางตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Marketplace) และส่วนของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 6P ได่แก่ ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด บริการส่วนบุคคล และรักษาความเป็นส่วนตัว เนื่องจากผู้บริโภคในยุคดิจิทัลให้ความสำคัญกับความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวอย่างมาก การให้บริการแบบเจาะจงและการขายที่หลากหลายยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ช่วยให้การเข้าถึงผลิตภัณฑ์ง่ายขึ้น ตอบสนองความต้องการผู้บริโภคได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Songsiri et al. (2019) ศึกษาส่วนประสมการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องจักรกลการเกษตรของเกษตรกร รวมถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประสมการตลาดกับการตัดสินใจซื้อเครื่องจักรกลการเกษตรของเกษตรกร ใช้แบบสอบถามในการรวบรวมข้อมูล และสถิติที่นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า ส่วนประสมทางการตลาดมีภาพรวมของระดับการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ปัจจัยด้านราคามีค่าสูงสุด รองมาคือ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านผลิตภัณฑ์ ในส่วนของการตัดสินใจซื้อ มีภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ผลิตภัณฑ์ไม้มงคลที่จำหน่ายผ่านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ต้องมีความโดดเด่นและแตกต่างจากสินค้าทั่วไป เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค การให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติ ประโยชน์ และความหมายของไม้มงคลแต่ละชนิดอย่างละเอียด สามารถช่วยเพิ่มโอกาสในการตัดสินใจซื้อได้ นอกจากนี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลาย เช่น ขนาด รูปแบบ และบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม (Chuaychoonoo, 2016) ยังสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มต่าง ๆ ได้ดีขึ้น การเพิ่มมูลค่าด้วยการรับรองคุณภาพหรือการบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมก็เป็นอีกปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมการตัดสินใจซื้อ การให้บริการหลังการขาย เช่น การรับประกันสินค้า หรือคำแนะนำในการดูแลรักษาไม้มงคล อาจช่วยเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าและสร้างความภักดีต่อแบรนด์ในระยะยาว

ราคา ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญ เพราะผู้บริโภคมักจะเปรียบเทียบราคาก่อนการซื้อ ซึ่งการเสนอราคาที่แข่งขันได้และสอดคล้องกับคุณภาพของสินค้า จะส่งผลให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น ส่วนการส่งเสริมการตลาด เช่น ส่วนลดหรือโปรโมชั่น ยังเป็นองค์ประกอบเพิ่มเติมที่ช่วยให้การซื้อสินค้าผ่านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เป็นที่น่าสนใจมากขึ้น

การส่งเสริมการตลาด จะมีอิทธิพลน้อยกว่าด้านผลิตภัณฑ์และราคา แต่ก็เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยสร้างความรับรู้ กระตุ้นความสนใจ และเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้บริโภค ยังคงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยเฉพาะในตลาดออนไลน์ที่มีการแข่งขันสูง

สรุปได้ว่า ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ทั้ง 3 ด้าน มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ความสำเร็จของการขายไม้มงคลผ่านช่องทางออนไลน์นั้นขึ้นอยู่กับการให้ความสำคัญกับการดูแลความปลอดภัย มีความสะดวก ในการเข้าถึงและการกำหนดราคาที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย การผสมผสานระหว่างคุณภาพสินค้า ราคาที่เหมาะสม และกลยุทธ์การตลาดที่ดี จะช่วยให้ร้านค้าออนไลน์สามารถเพิ่มยอดขายไม้มงคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษา อิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลที่มีปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ จะเห็นได้ว่า อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตกรุงเทพฯ อายุ 18 ปี ขึ้นไป จำนวน 456 คน พบว่า ส่วนใหญ่อิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลที่มีเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 60.1) มีค่าเฉลี่ยของช่วงอายุอยู่ที่ 21 – 30 ปี (ร้อยละ 34) สถานภาพโสด (ร้อยละ 60.5) ระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 59.2) มีรายได้ส่วนมากเฉลี่ย 15,001-20,000 และ 20,001-25,000 บาท (ร้อยละ 26.3) โดยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 122 คน (ร้อยละ 26.8) แสดงให้เห็นว่าผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นกลุ่มที่มีกำลังซื้อประกอบกับมีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนและอยู่ในสถานภาพโสด ซึ่งถือว่ามีความมั่นคงทางการเงิน พฤติกรรมการซื้อในช่วงเวลาหลัง 20.00 บ่อยที่สุด (ร้อยละ 50.7) จำนวนครั้งในการซื้อไม้มงคลต่อเดือน น้อยกว่า 2 ครั้ง (ร้อยละ 49.1) ซึ่งค่าใช้จ่ายของการซื้อไม้มงคลต่อครั้ง ไม่เกิน 300 บาท (ร้อยละ 51.5) ช่องทาง facebook เป็นช่องทางในการซื้อไม้มงคลที่บ่อยที่สุด (ร้อยละ 42.5) และผู้ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อมากที่สุด เป็นการตัดสินใจด้วยตนเอง (ร้อยละ 80.7)

ความสำคัญด้านส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ พบว่า ผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในพื้นที่เขตกรุงเทพฯ อายุ 18 ปีขึ้นไป อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.68 (S.D. = 0.384) เมื่อนำปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์มากระจายรายประเด็นใน 3 ลำดับแรก ได้แก่ ด้านการรักษาความเป็นส่วนตัว มีค่าเฉลี่ย 4.75 (S.D. = 0.401) ด้านการให้บริการแบบเจาะจง มีค่าเฉลี่ย 4.71 (S.D. = 0.411) และด้านช่องทางการจัดจำหน่าย มีค่าเฉลี่ย 4.70 (S.D. = 0.346) ตามลำดับ

การตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ผู้ที่ซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในพื้นที่เขตกรุงเทพฯ อายุ 18 ปีขึ้นไป ในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.36 (S.D. = 0.544) เมื่อนำการตัดสินใจซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากระจายรายประเด็นใน 3 ลำดับแรก ได้แก่ ท่านคิดว่าตนเองอยากซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากมีความง่ายและสะดวก มีค่าเฉลี่ย 4.63 (S.D. = 0.591) ท่านคิดว่าตนเองจะซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเฉลี่ย 4.46 (S.D. = 0.649) และท่านคิดว่าตนเองจะเปรียบเทียบราคาของไม้มงคลก่อนที่ตัดสินใจซื้อไม้มงคลผ่านในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเฉลี่ย 4.39 (S.D. = 0.763)

สรุปผลจากการศึกษา ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการซื้อไม้มงคลในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพ ประเภท และคุณสมบัติของไม้มงคลเป็นหลัก การเลือกซื้อไม้มงคลออนไลน์ไม่ได้พิจารณาเพียงแค่รูปลักษณ์ภายนอกเท่านั้น แต่ยังรวมถึงความเชื่อเกี่ยวกับความเป็นสิริมงคล สายพันธุ์ที่หายาก ความทนทาน และการดูแลรักษาที่เหมาะสม ส่วนของด้านราคาเป็นปัจจัยสำคัญรองลงมา ซึ่งหมายความว่าแม้ว่าผู้บริโภคจะให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์เป็นหลัก แต่ก็ยังคำนึงถึงความคุ้มค่าในการซื้อ โดยอาจมีการเปรียบเทียบราคา ระหว่างร้านค้าออนไลน์ หรือพิจารณาส่วนลด โปรโมชั่น และต้นทุนการจัดส่งร่วมด้วย หากราคาสมเหตุสมผลและเหมาะสมกับคุณภาพของสินค้า ผู้บริโภคจะมีแนวโน้มตัดสินใจซื้อสูงขึ้น และส่วนด้านการส่งเสริมการตลาด มีผลต่อการซื้อเช่นกัน แต่มีอิทธิพลน้อยกว่าสองปัจจัยแรก ซึ่งอาจหมายความว่า กลยุทธ์ทางการตลาด เช่น โฆษณา การรีวิวจากผู้ใช้จริง การให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าของไม้มงคล และการทำโปรโมชั่นช่วยกระตุ้นการตัดสินใจซื้อ แต่หากผลิตภัณฑ์และราคายังไม่ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า การส่งเสริมการตลาดเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ การพัฒนาผลิตภัณฑ์และกำหนดราคาที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มโอกาสในการตัดสินใจซื้อไม้มงคลทางออนไลน์ ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความโดดเด่นและแตกต่างจากตลาดทั่วไป รวมถึงการกำหนดราคาที่เหมาะสมและคุ้มค่า จะช่วยเพิ่มโอกาสให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อไม้มงคลทางออนไลน์ได้มากขึ้น โดยร้านค้าออนไลน์ควรให้ความสำคัญกับการนำเสนอรายละเอียดของไม้มงคลให้ชัดเจน ทั้งในแง่ของคุณภาพ ความเป็นมงคล และวิธีการดูแล เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ซื้อ ในขณะเดียวกันควรมีการใช้กลยุทธ์ทางการตลาดที่สอดคล้อง เช่น รีวิวจากผู้ใช้จริง วิดีโอรีวิว หรือโปรโมชั่นส่งเสริมการขาย เพื่อกระตุ้นการตัดสินใจซื้อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชานวัตกรรมการสื่อสารและพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่านที่ให้คำแนะนำสำหรับดำเนินการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม (Idea) และ สมมุติฐาน: มณินฐิสา วงศ์สง่า, ณัฐกร สงคราม, เนาวนิตย์ สงคราม. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบการทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ Criteria: มณินฐิสา วงศ์สง่า. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล: มณินฐิสา วงศ์สง่า, ณัฐกร สงคราม, เนาวนิตย์ สงคราม. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดงการเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้หรือทฤษฎีเดิม: มณินฐิสา วงศ์, ณัฐกร สงคราม, เนาวนิตย์ สงคราม. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: มณินฐิสา วงศ์สง่า, ณัฐกร สงคราม, เนาวนิตย์ สงคราม.

เอกสารอ้างอิง

Chuaychoonoo, P. (2016). **Factors Influencing Purchasing Decisions Through Social Media.** Independent Study, Master of Business Administration Thesis. Thammasat University.

Cochran, W. G. (1977). **Sampling Techniques.** 3rd Ed. John Wiley & Sons.

Electronic Transactions Development Agency. (2021). **Thailand Internet User Behavior Report.** Retrieved from: https://www.etda.or.th/th/Our-Service/statistics-and-information.aspx**.** (in Thai).

Jekphu, P. (2021). **A Study on the Reasons for Purchasing Trees Through Online Channels.** Master of Management Thesis. College of Management, Mahidol University. (in Thai).

Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). **Marketing Management.** 15th Ed. Pearson Education.

National Electronics and Computer Technology Center. (2021). **10 Digital Technologies that Help Humans Fight Against COVID-19.** Retrieved from: https://www.nectec.or.th/news/news-article/10digital-tech-covid19**.**html. (in Thai).

Office of Trade Policy and Strategy, Ministry of Commerce. (2021). **Commerce Reveals that COVID has Pushed Online Shopping Purchases Increased by 0.45 Times.** Retrieved from: https://www.price.moc.go.th/price/fileuploader/file_admin_sum/news_survey-042564.pdf. (in Thai).

Sriklai, N. (2020). **Research and Development of an Application for Auspicious tree Business.** Master of Fine Arts Thesis. Program in Design for Business, College of Social Communication Innovation, Srinakharinwirot University. (in Thai).

Songsiri, P., Chomraka, E., & Khetpiyaratt, P. (2019). **The Relationship between Marketing Mix Factors Affecting the Decision to Purchase Agricultural Machinery of Farmers in Uttaradit Province.** Master of Business Administration Thesis. Business Administration Program, Uttaradit Rajabhat University. (in Thai).

Trongjit, S. (2016). **Factors Influencing Online Purchasing Decisions Through E-Marketplaces.** Independent Study, Master of Business Administration. Thammasat University. (in Thai).

การอนุรักษ์ขิงพระพุทธบาท (*Zingiber brachystachys* Triboun & K. Larsen) พืชถิ่นเดียวของไทยในสภาพปลอดเชื้อ

In Vitro Conservation of *Zingiber brachystachys* Triboun & K. Larsen; an Endemic Species in Thailand

พัฒน์นรี รักษ์คิด[1*], พัชร ปิริยะวินิตร[1] และปราโมทย์ ไตรบุญ[2]
Padnaree Rukkid[1*], Phatchara Piriyavinit[1] and Pramote Triboun[2]
Received date: 24 ม.ค. 68 Revised date: 17 เม.ย. 68 Accepted date: 30 เม.ย. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265319

บทคัดย่อ

การศึกษาการอนุรักษ์ขิงพระพุทธบาท (*Zingiber brachystachys* Triboun & K. Larsen) พืชวงศ์ขิงซึ่งจัดเป็นพืชถิ่นเดียวของไทยที่พบได้ในพื้นที่จำเพาะและมีการกระจายพันธุ์เฉพาะในบริเวณพื้นที่ที่จำกัด พืชชนิดนี้มีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ส่วนของลำต้นและเหง้ามีน้ำมันหอมระเหยจึงอาจมีศักยภาพในเชิงเศรษฐกิจในอนาคต การอนุรักษ์ทรัพยากรพืชถิ่นเดียวด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อเก็บรักษาพรรณพืชที่หายากซึ่งมีความเสี่ยงต่อการสูญหาย อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม หรือภัยพิบัติทางธรรมชาติ ซึ่งการทดลองนี้จึงได้ศึกษาเทคนิคการขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณและอนุรักษ์ต้นขิงพระพุทธบาทในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงหน่ออ่อนบนอาหารที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ NAA ร่วมกับ BA จำนวน 12 สูตร การทดลองพบว่าอาหารที่สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ที่แข็งแรงสมบูรณ์ได้มากที่สุดคือ อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มก./ล. โดยชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้เฉลี่ย 20.9 ยอด/ ชิ้นส่วนพืช และเมื่อเพาะเลี้ยงขิงพระพุทธบาทบนอาหารเพื่อชะลอการเจริญเติบโต โดยปรับระดับความเข้มข้นของอาหารเพาะเลี้ยงร่วมกับน้ำตาลซูโครสจำนวน 12 สูตร พบว่าสามารถชะลอการเจริญเติบโตในสภาพปลอดเชื้อได้นานมากกว่า 8 เดือน โดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายอาหารใหม่เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารทั้งสองสูตร คือ ½MS หรือ ¼MS ร่วมกับการเติมน้ำตาลซูโครส 15 ก./ล.
คำสำคัญ: การขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ การเก็บรักษาด้วยวิธีชะลอการเจริญเติบโต พืชวงศ์ขิง การอนุรักษ์

Abstract

Zingiber brachystachys Triboun & K. Larsen, an endemic species found in a specific area of Thailand with a limited distribution in natural conditions, is classified in Zingiberacaeae Family. This species is asexually propagated. The stem and rhizome contain natural essential oil which may have economic potential in the future. The conservation of endemic plant resources through plant tissue culture techniques is crucial to preserve rare species that might be risk of extinction due to environmental changes or natural disasters. This study was conducted to apply tissue culture techniques to the multiplication and conservation of this species. Micropropogation and *in vitro* conservation of *Z. brachystachys* were done by using various concentrations of plant growth regulators, media and sucrose. The result indicated that the highest shoot number of *Z. brachystachys* from MS medium supplemented with 3 mg/l BA was 20.9 shoots per explant. After being cultured with 12 media formulations, it was found that the most suitable media for slow growth storage of *Z. brachystachys* was ½MS or ¼MS supplemented with 15 g/l sucrose. This species can survive for more than 8 months without any subculture in these 2 media formulations
Keywords: micropropagation, slow growth storage, Zingiberaceae, conservation

คำนำ

ขิงพระพุทธบาท (*Zingiber brachystachys* Triboun & K. Larsen) เป็นพืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) และเป็นพืชถิ่นเดียวของไทย มีลำต้นตั้งตรงสูง 40-80 ซม. เหง้าเรียวยาว มีกลิ่นหอม ประกอบด้วยใบเดี่ยว 10-20 ใบ แผ่นใบเป็นรูปขอบขนานถึงใบหอกสีเขียว ปลายเรียวแหลม ยาว 11-18 ซม. กว้าง 2.5-5.8 ซม. ลิ้นใบยาว 2-3 มม. แยกเป็น 2 แฉก ก้านใบสีเขียวยาว 3-7 มม.

[1] สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ปทุมธานี 12110
[2] ธนาคารทรัพยากรชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120
[1] Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Pathum Thani, 12110
[2] National Biobank of Thailand, National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani 12120
* Corresponding author: padnaree.r@gmail.com

ก้านช่อดอกยาว 6-14 ซม. กาบสีขาวครีมถึงชมพูอ่อน ใบประดับปลายแหลมผิวเกลี้ยงสีเขียวเมื่อติดผลจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้ม กลีบเลี้ยงโคนเชื่อมติดกันเป็นหลอด ดอกสีขาวครีม อับเรณูยาว 1 ซม. รังไข่ทรงกลมขนาด 2 มม. ออกดอกช่วงปลายเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน พบบริเวณป่าไผ่บนเขาหินปูนที่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 150-400 ม. ที่อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี (Triboun et al., 2014) และพบในพื้นที่จำกัดซึ่งมีความเสี่ยงที่จะสูญหายเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเป็นหนึ่งในวิธีการที่สำคัญที่จะช่วยส่งเสริมกิจกรรมการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่พบยากในสภาพธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ประโยชน์จากเชื้อพันธุ์ได้ทันที ดังเช่นการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาข้างของ *Zingiber petiolatum* ซึ่งเป็นพืชหายากวงศ์ขิงของประเทศไทย โดยสามารถเพาะเลี้ยงให้เกิดยอดได้สูงสุดเฉลี่ย 6.7 ยอด/ชิ้นส่วนพืช เมื่อเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม BA 17.8 ไมโครโมลต่อลิตร (Prathanturarug et al., 2004) การศึกษาการขยายพันธุ์กระทือ (*Zingiber zurumbet*) เพื่อการอนุรักษ์เชื้อพันธุกรรมโดยเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาที่เกิดจากเหง้า พบว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS เติม BA 0.5 มก./ล. และ IBA 0.5 มก./ล. จะชักนำให้เกิดยอดได้ 6.4 ยอด/ชิ้นส่วนพืช (Christine and Chan, 2007) ส่วนการชะลอการเจริญเติบโต (*in vitro* slow growth) เป็นการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ที่ระยะเวลาสั้นหรือปานกลางด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสภาพที่ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำเพื่อลดความถี่ในการเปลี่ยนถ่ายอาหาร การปรับลดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มปริมาณน้ำตาลในอาหารเพาะเลี้ยงจะส่งผลต่อระดับ osmotic pressure ในเซลล์พืช ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีเพื่อการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์พืชในสภาพปลอดเชื้อ ยกตัวอย่างเช่นการทดลองเก็บรักษาเชื้อพันธุ์กล้วยไม้ *Ipsea malabarica* ซึ่งเป็นพืชถิ่นเดียวและใกล้สูญพันธุ์ของประเทศอินเดีย เมื่อเพาะเลี้ยงปลายยอดบนอาหารสูตร ½MS สามารถเก็บรักษาในสภาพปลอดเชื้อได้นาน 27 เดือน (Martin and Pradeep, 2003) Bonnier and van Tuyl (1997) ได้ทำการเพาะเลี้ยงลิลลี่บนอาหาร MS ที่ปรับลดความเข้มข้นลง 1/2 -1/4 เท่า ร่วมกับการเติมน้ำตาลซูโครส 9% พบว่าสามารถเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ได้นาน 28 เดือน โดยที่ความสูงของต้นและจำนวนใบน้อยกว่าต้นที่เก็บรักษาในอาหาร MS สูตรมาตรฐานที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครส 30 ก./ล. Jewruttanasakul and Charoenwattana (2014) ได้ศึกษาการเก็บรักษาเชื้อพันธุกรรมพืชเนระพูสีไทยในสภาพปลอดเชื้อโดยการชะลอการเจริญเติบโต พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมและส่งผลต่อการชะลอการเจริญเติบโตของต้นเนระพูสีไทย คือ อาหารสูตร ½MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 90 ก./ล. เนื่องจากเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ต้นที่ได้มีความสูงน้อยที่สุดแต่ต้นมีลักษณะปกติ และแข็งแรง จึงได้ทำการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการขยายพันธุ์และการเก็บรักษาด้วยวิธีชะลอการเจริญเติบโตต้นขิงพระพุทธบาทในสภาพปลอดเชื้อด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งผลของการวิจัยที่ได้จะถูกนำไปใช้ในธนาคารเชื้อพันธุ์พืชกรมวิชาการเกษตรเพื่อการใช้ประโยชน์ในอนาคตและเป็นส่วนหนึ่งของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืชของไทย

วิธีการศึกษา

รวบรวมตัวอย่างต้นขิงพระพุทธบาท (*Zingiber brachystachys* Triboun & K. Larsen) จากบริเวณอำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี และนำต้นพันธุ์ที่ได้จากการสำรวจมาปลูกอนุบาลในโรงเรือนปลูกพืช สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ จังหวัดปทุมธานี โดยปลูกในกระถางมีรูระบาย ใช้ดินร่วนปนทรายที่มีความชื้นค่อนข้างสูงและมีการระบายน้ำดีในสภาพแสงแดดรำไร ฟอกฆ่าเชื้อหน่ออ่อนที่มีความสูงประมาณ 3-4 ซม. จำนวน 20 หน่ออ่อน เนื่องจากได้เชื้อพันธุ์มาจำกัด โดยล้างทำความสะอาดสิ่งสกปรกด้วยสบู่ จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดไหลผ่านนาน 45 นาที นำชิ้นส่วนหน่ออ่อนจุ่มในเอทานอล 70% นาน 1 นาที ฟอกฆ่าเชื้อหน่ออ่อนด้วยสารละลายคลอรอกซ์ ความเข้มข้นดังนี้ 1. สารละลายคลอรอกซ์ 20% เป็นเวลา 20 นาที 2. สารละลายคลอรอกซ์ 20% เป็นเวลา 15นาที ตามด้วย 15% นาน 10 นาที 3. สารละลายคลอรอกซ์ 15% เป็นเวลา 20 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ตัดหน่ออ่อนให้มีขนาดประมาณ 1 ซม. เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) นาน 3 เดือน บันทึกจำนวนต้นที่สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นที่สมบูรณ์ คำนวณอัตราการรอดชีวิต (ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อและสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพปลอดเชื้อ)

1. การชักนำการเกิดยอด โดยนำชิ้นส่วนต้นอ่อนขิงพระพุทธบาทจากการฟอกฆ่าเชื้อขนาดความสูงประมาณ 3-4 ซม. ที่ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ ตัดเนื้อเยื่อบริเวณส่วนปลายออกให้เหลือส่วนเจริญปลายยอดประมาณ 1 ซม. สำหรับนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร MS เติม NAA และ BA ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 3 เดือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 8 ขวด แบ่งออกเป็น 12 กรรมวิธี คือ MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0, 1, 3 และ 5 มก./ล. ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1 มก./ล. บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตจำนวนและความสูงของยอดที่สมบูรณ์ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

2. การชะลอการเจริญเติบโต โดยเพาะเลี้ยงต้นขิงพระพุทธบาทที่ได้จากการชักนำการเกิดยอดบนอาหาร MS นาน 3-4 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพเนื้อเยื่อ หลังจากนั้นนำต้นขิงพระพุทธบาทที่มีขนาดความสูงประมาณ 3-4 ซม. ตัดเนื้อเยื่อบริเวณส่วนปลาย

ออกให้เหลือส่วนเจริญปลายยอดประมาณ 1 ซม. สำหรับนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสำหรับศึกษาการชะลอการเจริญเติบโต โดยใช้อาหารสูตร MS ที่เติมน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ แผนการทดลองที่ใช้คือแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ความเข้มข้นของอาหาร MS จำนวน 3 ระดับ คือ ¼MS, ½MS, และ MS และความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส จำนวน 4 ระดับ คือ 15, 30, 45 และ 60 ก./ล. จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 8 ขวด บันทึกข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโตของต้นขิงพระพุทธบาท และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนหน่ออ่อนขิงพระพุทธบาท โดยล้างทำความสะอาดหน่ออ่อนด้วยสบู่ จากนั้นล้างโดยให้น้ำไหลผ่านชิ้นส่วนพืชนาน 45 นาที แล้วจึงฟอกด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 20% 15 นาทีและ 15% 10 นาที พบว่าชิ้นส่วนพืชรอดชีวิตและเจริญเป็นต้นได้ถึง 46.67% ซึ่งชิ้นส่วนพืชที่รอดชีวิตมีลักษณะสีเขียว ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และสามารถเจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ หน่ออ่อนขิงพระพุทธบาทเป็นชิ้นส่วนที่แตกจากเหง้าที่ติดกับพื้นดินจึงมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ค่อนข้างสูงเมื่อทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ดังนั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อนหรือหลายขั้นตอน โดยการใช้สารละลายคลอรอกซ์ 20% และ 15 % ระยะเวลา 20 นาที ไม่พบชิ้นส่วนพืชที่รอดชีวิต ลักษณะเนื้อเยื่อเป็นสีน้ำตาลและตายในที่สุดอาจเนื่องจากการใช้เวลานานเกินไปส่งผลต่อการตายของเนื้อเยื่อ ทั้งนี้ประสิทธิภาพของสารฟอกฆ่าเชื้อ ปริมาณความเข้มข้นและระยะเวลาที่ใช้จะส่งผลต่อความมีชีวิตของเนื้อเยื่อพืช ซึ่งปกติแล้วประสิทธิภาพจะมากขึ้นถ้าใช้เวลาและความเข้มข้นของสารมากขึ้น แต่หากใช้มากเกินไปจะเกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อพืชได้ (Khamrit and Preeman, 2019) ซึ่งมีขั้นตอนที่สอดคล้องกันกับการทดลองในพืชวงศ์ Zingiberaceae ดังการทดลองของ Tan (2016) ศึกษาการเพาะเลี้ยง rhizome bud ของพืชสกุลขมิ้น (*Curcuma*) 5 ชนิด ได้แก่ *C. longa, C. zedoaria, C. amarrotica, C. caesia* และ *C. mangga* ที่เป็นพืชสมุนไพรที่ถูกคุกคาม (Threatened Medicinal Plant) โดยฟอกฆ่าเชื้อด้วยสาร NaClO 1.2% นาน 15 นาทีและ 1% นาน 10 นาที พบว่ามีอัตรารอดชีวิต 67% และการฟอกฆ่าเชื้อตายอดของ *Boesenbergia rotunda* ที่เป็นพืชสมุนไพรโดยการจุ่มในเอทานอล 70% นาน 2 นาทีตามด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 20% นาน 15 นาที พบว่าสามารถรอดชีวิตและเจริญเป็นต้นได้ 48% (Yusuf et al., 2011)

การชักนำยอดในสภาพปลอดเชื้อเมื่อเพาะเลี้ยงต้นอ่อนที่ตัดเนื้อเยื่อบริเวณส่วนปลายออกให้เหลือส่วนเจริญปลายยอดประมาณ 1 ซม. บนอาหารสูตรต่าง ๆ นาน 3 เดือน พบว่าต้นอ่อนเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS มีการเจริญเติบโตและเกิดยอดเฉลี่ย 0.8 ยอด/ชิ้นส่วนพืช ซึ่งเมื่อเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตส่งผลต่อการเกิดยอดใหม่อย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นอ่อนที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม BA 3 มก./ล. ให้เกิดยอดได้เฉลี่ย 20.9 ยอด/ชิ้นส่วนพืช แต่เมื่อเติม BA เข้มข้นเป็น 5 มก./ล. ชักนำให้เกิดยอดได้เพียง 14.0 ยอด/ชิ้นส่วนพืช หรือการเติม NAA ร่วมด้วยก็ไม่สามารถชักนำให้เกิดยอดเพิ่มมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเติม BA 3 มก./ล. เพียงอย่างเดียวเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับชักนำต้นขิงพระพุทธบาทให้เกิดยอดใหม่ในสภาพปลอดเชื้อเพื่อการขยายพันธุ์ ในขณะที่อาหาร MS ที่เติม BA 3 มก./ล. จะได้ยอดที่สูงเฉลี่ย 3.38 ซม. และยอดมีลักษณะไม่แตกต่างกับต้นที่เจริญบนอาหารสูตร MS (ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต) ซึ่งอาหารสูตร MS เติม BA 3 มก./ล. นอกจากจะชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้มากที่สุดแล้ว ยอดที่ได้ยังคงมีลักษณะสมบูรณ์ มีสีเขียว และไม่พบการยืดยาวของยอด (Table 1 และ Figure 1) เนื่องจากสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินมีส่วนช่วยให้เกิดกิจกรรมการแบ่งเซลล์ของพืชซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการชักนำและขยายพันธุ์ในพืช (Hartmann et al., 2001) ซึ่งอาหารทุกสูตรที่ใช้เพาะเลี้ยงส่งผลให้ต้นที่ได้มีรากสีขาวขนาดยาวและมีรากขนจำนวนมาก (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณขิงพระพุทธบาทในสภาพปลอดเชื้อโดยใช้ยอดอ่อนเพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม BA 3 มก./ล. เพียงอย่างเดียว เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับชักนำให้เกิดยอดเพื่อการขยายพันธุ์ต้นขิงพระพุทธบาทและต้นที่ได้มีความสมบูรณ์และไม่มีความผิดปกติ การเพิ่มความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินสูงเกินกว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม จึงอาจทำให้เกิดการยับยั้งหรือชะลอการเกิดยอดใหม่ได้ (George et al., 2008) ซึ่งสอดคล้องกับ Kochuthressia et al. (2010) ที่ได้เพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาของต้น *Aplinia purpurata* ที่เป็นพืชวงศ์ขิง เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหาร MS เติม BA 3 มก./ล. จะชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้ 6.4 ยอด/ชิ้นส่วนพืช แต่เมื่อเติมความเข้มข้นของ BA เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดจำนวนยอดลดลงและยอดที่ได้เกิดอาการฉ่ำน้ำ เช่นเดียวกันกับ Yusuf et al. (2007) และ Miri (2020) เพาะเลี้ยงพืชสกุลขมิ้น (*Curcuma* spp.) และ ขิง (*Zingiber officinale*) ตามลำดับ ซึ่งเป็นพืชวงศ์ขิงบนอาหาร MS ที่เติม BA จนถึงระดับที่ชักนำให้เกิดได้ยอดมากที่สุดแล้ว หากเพิ่มความเข้มข้นของ BA มากขึ้นอีกจะทำให้เกิดยอดใหม่ลดลงและมีลักษณะไม่สมบูรณ์คือมีอาการฉ่ำน้ำ ใบมีสีน้ำตาล และรากเกิดอาการชะงักการเจริญเติบโต นอกจากนี้การทดลองที่ได้ยังสอดคล้องกับการเพาะเลี้ยง rhizome ของต้น *Kaempferia parviflora* บนอาหารที่เติม BA ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อชักนำให้เกิดยอด พบว่าได้ยอดจำนวนเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่ใช้จนถึงระดับ 1.5 มก./ล. และหากเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้นอีกจำนวนยอดที่เกิดจะลดลง (Khairudin et al., 2020)

การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการชะลอการเจริญเติบโตยอดอ่อนต้นขิงพระพุทธบาทในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าระดับความเข้มข้นของ MS ไม่มีผลต่อการเกิดยอดใหม่ ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสมีผลอย่างมีนัยสำคัญ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของ MS กับน้ำตาลซูโครส ซึ่งอาหาร MS เติมน้ำตาลซูโครส 45 ก./ล. เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 8 เดือนจะทำให้เกิดการแตกยอดเฉลี่ย 7.8 ยอด/ชิ้นส่วนพืช ต้นที่ได้มีความสมบูรณ์น้อยคือ ยอดสีเหลืองและมีลักษณะยืด ส่วนต้นอ่อนที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS เติมน้ำตาลซูโครส 60 ก./ล. พบว่าจำนวนยอดที่ได้จะน้อยกว่าอาหารที่เติมซูโครส 30 ก./ล. (Control) ต้นมีลักษณะไม่สมบูรณ์ ลำต้นเตี้ยและสีน้ำตาลเหลือง ส่วนอาหารที่ลดปริมาณน้ำตาลซูโครสเหลือเพียง 15 ก./ล. พบว่ามีการแตกยอดได้น้อยกว่าอาหารสูตรมาตรฐาน ซึ่งสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชะลอการเจริญเติบโตเพื่อการอนุรักษ์ต้นขิงพระพุทธบาทในสภาพปลอดเชื้อ คือสูตรอาหารที่ลดน้ำตาลซูโครสเหลือเพียง 15 ก./ล. เพื่อให้เกิดการแตกยอดน้อยไม่มากเกินไป และยอดที่ได้ยัง คงมีลักษณะสมบูรณ์มีสีเขียว และมีความเข็งแรง โดยสามารถเลี้ยงบนอาหารสูตร MS หรือปรับลดปริมาณลงเป็น ½MS และ ¼MS ก็ไม่มีผลต่อการเกิดยอด ทั้งนี้สามารถเลี้ยงต้นขิงพระพุทธบาทบนสูตรอาหารที่ลดน้ำตาลซูโครสเหลือเพียง 15 ก./ล. ได้นาน 8 เดือน โดยไม่ต้องย้ายเลี้ยงบนอาหารใหม่ (Table 2 และ Figure 2) เนื่องจากความเข้มข้นอาหาร MS ที่ลดลงเป็น ½MS หรือ ¼MS เป็นการลดปริมาณธาตุอาหารหลักลงจากอาหาร MS สูตรมาตรฐานจะทำให้พืชดึงสารอาหารไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อาหาร MS full-strengt (Nirmal et al., 2000) การเติมน้ำตาลซูโครสในอาหารเพาะเลี้ยงที่ความเข้มข้นสูง ทำให้เกิดแรงดันออสโมติก น้ำจะเคลื่อนออกจากเซลล์ เกิดการสูญเสียความเต่งและปริมาตรของเซลล์ ทำให้อัตราการขยายขนาดของเซลล์ในเนื้อเยื่อพืชที่กำลังเจริญลดลง แต่เป็นเพียงการสูญเสียที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราวเท่านั้น เซลล์จะกลับคืนสู่ปริมาตรเดิมและมีแรงเต่งเท่าเดิมเนื่องจากพืชมีการปรับค่าออสโมติก (osmotic adjustment) แม้ว่าปริมาตรของเซลล์จะกลับสู่สภาพปกติ แต่การยืดยาวของเซลล์ลดลง จึงทำให้ต้นพืชเกิดการชะลอการเจริญเติบโต และเมื่อน้ำเคลื่อนที่ออกเกินจุดสมดุลของพืช ทำให้เกิดสภาพเครียดจากแรงดันออสโมติก (osmotic stress) ที่มากเกินไปเนื่องจากแรงดันออสโมติกในอาหารสูงมากเกินไปทำให้พืชไม่สามารถดูดซึมธาตุอาหารเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานจะส่งผลให้ต้นพืชตาย (Matsumoto and Sakai, 2003; Udomprasert, 2015) และเนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นแหล่งคาร์บอนให้อาหารเพาะเลี้ยง เมื่อเติมน้ำตาลซูโครสในอาหารเพาะเลี้ยงที่ความเข้มข้นต่ำ จะทำให้ต้นพืชชะลอการเจริญเติบโตได้ และหากได้รับน้ำตาลซูโครสน้อยกว่าปริมาณที่ต้นพืชต้องการจะส่งผลให้ต้นพืชตายได้ (Nguyen et al., 1999; Zobayed et al., 1999) ดังเช่นการชะลอการเจริญเติบโตของต้นไอยริศ (*Zingiber sirindhorniae*) (Rukkid et al., 2015) และขิง (*Zingiber officinale*) ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่ปรับลดความเข้มข้น MS เป็น ½MS และเติมน้ำตาลซูโครสเพียง 15 ก./ล. สามารถชะลอการเจริญเติบโตในสภาพปลอดเชื้อได้นาน 12 เดือน และมีอัตราการเกิดต้นใหม่ต่ำกว่าการใช้อาหาร MS สูตรมาตรฐาน (Peter et al., 2002) และการชะลอการเจริญเติบโตใน *Elettaria cardanomum* ซึ่งเป็นพืชวงศ์ขิง สามารถชะลอการเจริญเติบโตได้ดีในอาหาร ½MS โดยเพาะเลี้ยงได้นาน 18 เดือน (Tyagi et al., 2009) และการเพาะเลี้ยงตายอด *Vanilla* spp. ที่อาหาร ½MS เติมน้ำตาลซูโครส 1.5% ชะลอการเจริญเติบโตได้นาน 12 เดือน โดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายอาหารใหม่ (Divakaran et al., 2006)

Table 1 Influence of BA and NAA combination on shoot multiplication and length after culturing shoot explants of *Z. brachystachys* cultured on MS medium for 3 months

Medium	Number of shoots	Shoot length (cm)
MS	0.8 ± 0.09 [e]	3.48 ± 1.18 [a-d]
MS + 0.5 mg/l NAA	6.1 ± 0.06 [cd]	3.39 ± 0.52[a-d]
MS + 1.0 mg/l NAA	7.6 ± 0.06 [bcd]	4.56 ± 0.46 [ab]
MS + 1.0 mg/l BA	7.8 ± 0.11 [bcd]	5.03 ± 0.56 [a]
MS + 1.0 mg/l BA + 0.5 mg/l NAA	12.1 ± 0.12 [abc]	2.36 ± 0.40 [cd]
MS + 1.0 mg/l BA + 1.0 mg/l NAA	5.8 ± 0.07 [cd]	3.11 ± 0.15 [bcd]
MS + 3.0 mg/l BA	20.9 ± 0.09 [a]	3.38 ± 0.40 [a-d]
MS + 3.0 mg/l BA + 0.5 mg/l NAA	5.4 ± 0.06 [d]	3.48 ± 0.19 [a-d]
MS + 3.0 mg/l BA + 1.0 mg/l NAA	9.1 ± 0.06 [bcd]	4.11 ± 0.70 [abc]
MS + 5.0 mg/l BA	14.0 ± 0.07 [ab]	4.08 ± 0.30 [abc]
MS + 5.0 mg/l BA + 0.5 mg/l NAA	14.6 ± 0.16 [ab]	1.94 ± 0.63 [d]
MS + 5.0 mg/l BA + 1.0 mg/l NAA	13.6 ± 0.11 [ab]	2.36 ± 0.21 [cd]
mean	9.8	3.44
F-test	**	**
CV (%)	23.34	30.90

Means within the row followed by the same letters are not significantly different at 5% level by DMRT

** = significant at 1% level

Transformation efficiency: Number of shoots are log (X+1) transformed value

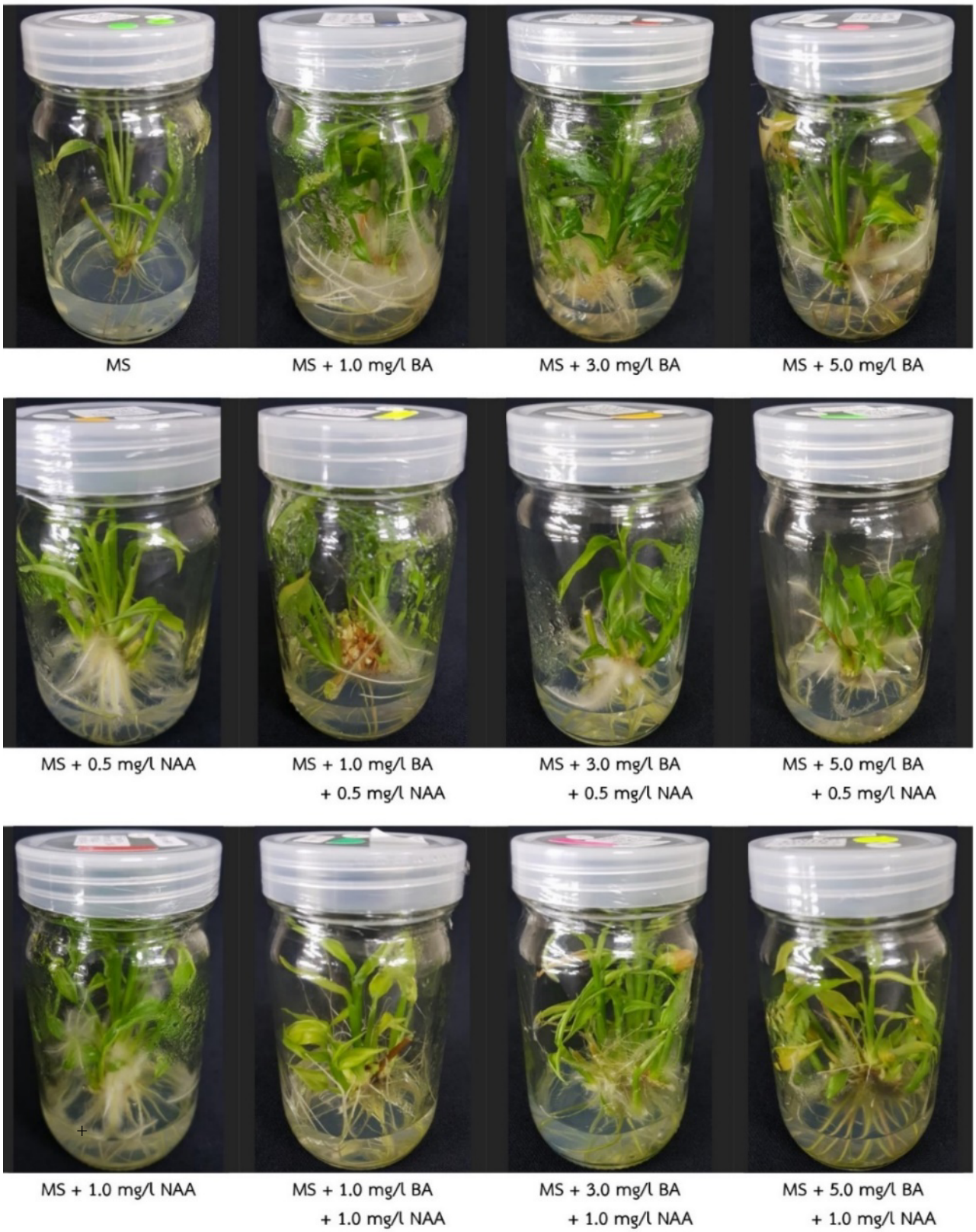


Figure 1 Effects of different concentrations and combinations of BA and NAA on shoot and root induction of *Z. brachystachys* after cultured for 3 months

Table 2 Effects of concentrations of MS medium and sucrose on shoot and length from shoot explants of *Z. brachystachys* for 8 months

MS	Number of shoots					Shoot length (cm)				
	Sucrose (g/l)				mean	Sucrose (g/l)				mean
	15	30	45	60		15	30	45	60	
MS	2.22 ± 0.03	5.34 ±0.09	13.82 ± 0.08	2.15 ± 0.28	5.89	6.88 ± 0.68 $^{a\,x}$	7.94 ± 0.79 $^{a\,x}$	7.01 ± 0.60 $^{a\,x}$	1.05 ± 0.72 $^{a\,y}$	5.72
½MS	3.26 ± 0.16	4.48 ± 0.08	5.62 ± 0.08	3.86 ± 0.26	4.31	6.93 ± 1.31 $^{a\,x}$	6.58 ± 1.12 $^{a\,x}$	3.73 ± 0.16 $^{b\,y}$	1.30 ± 0.59 $^{a\,z}$	4.63
¼MS	3.12 ± 0.06	2.64 ± 0.19	3.95 ± 0.04	1.59 ± 0.24	2.82	6.21 ± 0.39 $^{a\,x}$	2.36 ± 0.83 $^{b\,y}$	3.53 ± 0.68 $^{b\,y}$	1.91 ± 1.11 $^{a\,y}$	3.50
mean	2.87 ^{y}	4.15 ^{xy}	7.80 ^{x}	2.45 ^{y}	4.34	6.67	5.62	4.76	1.42	4.62
F-test (MS)	ns					**				
F-test (SU)	*					**				
F-test (MS×SU)	ns					**				
CV (%)	32.78					31.00				

Means within columns and rows followed by the same letters are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant

* = significant at 5% level

** = significant at 1% level

- The a, b, c combinations compare the difference in concentration of MS medium (MS)
- The x, y, z combinations compare differences in concentrations of sucrose (SU)

Transformation efficiency: Number of shoots are log (X+1) transformed value

Figure 2 Shoot proliferation of *Z. brachystachys'* shoot explants cultured on difference concentrations of MS medium and sucrose for 8 months

สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนหน่ออ่อนขิงพระพุทธบาทได้เทคนิคที่เหมาะสมคือ การฟอกฆ่าเชื้อหน่ออ่อนของต้นขิงพระพุทธบาทด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 20% นาน 15 นาทีและ 15% นาน 10 นาทีตามลำดับ สามารถทำให้เนื้อเยื่อปลอดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์รอดชีวิตและเจริญเป็นต้นได้ 46.67% การขยายพันธุ์ขิงพระพุทธบาทสามารถทำโดยเพาะเลี้ยงยอดอ่อนบน

อาหารสูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 3.0 มก./ล. ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดยอดสูงสุดเฉลี่ย 20.9 ยอด/ชิ้นส่วนพืช และอาหารทุกสูตรที่ใช้เพาะเลี้ยงจะทำให้ต้นใหม่เกิดรากยาวสีขาวและมีขนของรากจำนวนมาก ส่วนการชะลอการเจริญเติบโตสามารถทำได้โดยเพาะเลี้ยงต้นอ่อนขิงพระพุทธบาทบนอาหาร ½MS และ ¼MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 15 ก./ล. ได้นาน 8 เดือนโดยไม่ต้องย้ายเลี้ยงบนอาหารใหม่ ต้นขิงพระพุทธบาทที่ได้มีสีเขียวเข้ม ลักษณะแข็งแรงและมีความสูงของต้นไม่ผิดปกติ

ผลประโยชน์ทับซ้อน

บทความวิจัยนี้เป็นผลงานที่ได้จากการวิจัยโดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการปฏิบัติงานวิจัย

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: พัฒน์นรี รักษ์คิด, ปราโมทย์ ไตรบุญ. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบการทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: พัฒน์นรี รักษ์คิด, พัชร ปิริยะวินิตร. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล: พัฒน์นรี รักษ์คิด, พัชร ปิริยะวินิตร. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: พัฒน์นรี รักษ์คิด. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: พัฒน์นรี รักษ์คิด. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และครุภัณฑ์: พัฒน์นรี รักษ์คิด, พัชร ปิริยะวินิตร.

เอกสารอ้างอิง

Bonnier, F. J. M., & van Tuyl, J. M. (1997). Long term *in vitro* storage of lily: effects of temperature and concentration of nutrients and sucrose. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 49, 81–87.

Christine, S., & Chan, L. K. (2007). Micropropagation of *Curcuma zedoaria* Roscoe and *Zingiber zerumbet* Smith. **Biotechnology**, 6(4), 555-560.

Divakaran, M., Babu, K. N., & Peter, K. V. (2006). Conservation of *Vanilla* species, *in vitro*. **Scientia Horticulturae**, 110(2), 175-180.

George, E. F., Hall, M. A., & De-Klerk, G. J. (2008). **Plant Propagation by Tissue Culture**. 3rd Ed. Springer.

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2001). **Hartmann and Kester's Plant Propagation: Principles and Practices**. 7th Ed. Prentice-Hall.

Khamrit, R., & Preeman, J. (2019). *In vitro* surface sterilization and shoot induction from the rhizome of *Zingiber montanum*. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 47(1), 1393-1398. (in Thai).

Jewruttanasakul, V., & Charoenwattana, P. (2014). *In vitro* conservation of bat flower (*Tacca chantrieri* Andre) through minimal growth. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 42(3), 562-566. (in Thai).

Kochuthressia, K. P., Britto, S. J., Raj, L. J. M., Jaseentha, M. O., & Senthilkumar, S. R. (2010). Efficient regeneration of *Alpinia purpurata* (Vieill.) K.Schum. plantlets from rhizome bud explants. **International Research Journal of Plant Science**, 1(2), 43-47.

Martin, K. P., & Pradeep, A. K. (2003). Simple strategy for the *in vitro* conservation of *Ipsea malabarica* an endemic and endangered orchid of the Western Ghats of Kerala, India. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 74(1), 197–200.

Matsumoto, T., & Sakai, A. (2003). Cryopreservationof axillary shoot tips of in vitro-grown grape (Vitis) by a two-step vitrification protocol. **Euphytica**, 131(1), 299-304.

Miri, S. M. (2020). Micropropagation, callus induction and regeneration of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). **Open Agriculture**, 5(1), 75-84.

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, 15(3), 473-497.

Nguyen, Q. T., Kozai, T., & Nguyen, U. V. (1999). Effects of sucrose concentration, supporting material and number of air exchanges of the vessel on the growth of in vitro coffee plantlets. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 58(1), 51-57.

Nirmal, B. K., Ravindran, P. N., & Peter, K. V. (2000). Biotechnology of spices. In Chadha, K. L., Ravindran, P. N., & Sahigram, L. (Ed.), **Biotechnology of Horticulture and Plantation Crops**, pp. 487-527. Malhotra Publishing House.

Khairudin, N. A., Haida, Z., & Hakiman, M. (2020). *In vitro* shoot and root induction of *Kaempferia parviflora* (Zingiberaceae) rhizome using 6-benzylaminopurine. **Journal of Tropical Plant Physiology**, 12(2), 23-32.

Peter, K. V., Ravindran, P. N., Babu, K. N., Sasikumar, B., Minoo, D., Geetha, S. P., & Rajalakshmi, K. (2002). **Establishing *In Vitro* Conservatory of Spices Germplasm**. ICAR Project Report, Indian Institute of Spices Research.

Prathanturarug, S., Angsumalee, D., Pongsiri, N., Suwacharangoon, S., & Jenjittikul, T. (2004). *In vitro* propagation of *Zingiber petiolatum* (Holttum) I. Theilade, a rare Zingiberaceous plant from Thailand**. *In Vitro* Cellular & Developmental Biology – Plant**, 40(3), 317-320.

Rukkid, P., Piriyavinit, P., Sangkasa-ad, P., Kanjanawattanawong, P., & Triboun, P. (2015). *In vitro* conservation technique of *Zingiber sirindhorniae* Triboun & Keerat.: an endemic and rare species of Thailand. In **The 7th International Symposium on the Family Zingiberaceae "Gingers for Life"**, pp. 93. The Botanical Garden Organization.

Tan, P. V. (2016). Micropropagation of *Curcuma* sp., a threatened medicinal plant. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, 7(10), 418-427.

Triboun, P., Larsen, K., & Chantaranothai, P. (2014). A key to the genus *Zingiber* (Zingiberaceae) in Thailand with descriptions of 10 new taxa. **Thai Journal of Botany**, 6(1), 53-77.

Tyagi, R. K., Goswami, R., Sanayaima, R., Singh, R., Tandon, R., & Agrawal, A. (2009). Micropropagation and slow growth conservation of cardamom (*Elettaria cardamom* Maton). ***In Vitro* Cellular & Developmental Biology – Plant**, 45(1), 721-729.

Udomprasert, N. (2015). **Plant Stress Physiology**, Chulalongkorn University Press. (in Thai).

Yusuf, N. A., Annuar, M. S. M., & Khalid, N. (2011). Rapid micropropagation of *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf. Kulturpfl. (a valuable medicinal plant) from shoot bud explants. **African Journal of Biotechnology**, 10(7), 1194-1199.

Yusuf, N. A., Khalid, N., & Ibrahim, H. (2007). Establishment of tissue culture for selected medicinal *Curcuma* spp. **Malaysian Journal of Science**, 26(1), 85-91.

Zobayed, S. M. A., Afreen-Zobayed, F., Kubota, C., & Kozai, T. (1999). Stomatal characteristics and leaf anatomy of potato planlets cultured in vitro under photoautotrophic and photomixotrophic conditions. ***In Vitro* Cellular & Developmental Biology – Plant**, 35(1), 183-188.

เทคนิคการขยายและอนุรักษ์พันธุกรรมภูมิพลินทร์ (*Paraboea bhumiboliana* Triboun & Chuchan) ในสภาพปลอดเชื้อ

In vitro Propagation and Conservation Technique of *Paraboea bhumiboliana* Triboun & Chuchan

พัชร ปิริยะวินิตร[1*], พัฒน์นรี รักษ์คิด[1] และปราโมทย์ ไตรบุญ[2]
Phatchara Piriyavinit[1*], Padnaree Rukkid[1] and Pramote Triboun[2]
Received date: 17 ม.ค. 68 Revised date: 29 ม.ค. 68 Accepted date: 1 พ.ค. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265317

บทคัดย่อ

ภูมิพลินทร์ เป็นพืชวงศ์แอฟริกันไวโอเลต (Gesneriaceae) ซึ่งจัดเป็นพืชถิ่นเดียวของประเทศไทย มีการกระจายในพื้นที่จำกัด โดยเฉพาะบริเวณยอดเขาหินปูนในจังหวัดลำพูน และจังหวัดตาก ในการศึกษานี้ได้ศึกษาเทคนิคการขยายพันธุ์ภูมิพลินทร์ โดยเริ่มจากการศึกษาเทคนิคฟอกฆ่าเชื้อภูมิพลินทร์ ด้วยการใช้ฝักผ่านไฟฆ่าเชื้อ การใช้น้ำที่นึ่งฆ่าเชื้อ และการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 5% ผลการศึกษา พบว่า วิธีจุ่มฝักในเอทานอล 95% ตามด้วยการผ่านไฟฆ่าเชื้อ และเคาะเมล็ดเลี้ยงบนอาหาร เป็นวิธีที่เหมาะสม ทำให้ได้ต้นอ่อนที่ปลอดการปนเปื้อนได้ถึง 55.55% ในการศึกษาการเพิ่มปริมาณยอดภูมิพลินทร์ โดยเลี้ยงต้นอ่อนบนอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) ร่วมกับ Benzyladenine (BA) เข้มข้น 3 ระดับ คือ 0 0.1 และ 1.0 มก./ล. ผลการศึกษา พบว่า การเลี้ยงต้นอ่อนบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D เข้มข้น 0.1 มก./ล. ร่วมกับการเติม BA เข้มข้น 0.1 มก./ล. สามารถชักนำให้เกิดยอดที่สมบูรณ์ เฉลี่ย 12.1 ยอด/ชิ้นพืชทดลอง สำหรับการศึกษาวิธีชะลอการเจริญเติบโตของภูมิพลินทร์ ทำโดยเลี้ยงยอดภูมิพลินทร์บนสูตรอาหาร MS 1/2 MS 1/4 MS และ 1/8 MS ผลการศึกษา พบว่า การเลี้ยงยอดบนอาหารสูตร 1/2 MS สามารถชะลอการเจริญเติบโต โดยพืชคงความมีชีวิตได้นานถึง 12 เดือน แม้ปราศจากการเปลี่ยนถ่ายอาหาร และสามารถพัฒนาเป็นต้นใหม่ได้
คำสำคัญ: พืชเฉพาะถิ่น การขยายพันธุ์ การเก็บรักษาด้วยวิธีชะลอการเจริญเติบโต

Abstract

Paraboea bhumiboliana Triboun & Chuchan, a native plant species of Thailand, is classified in Gesneriaceae family. Its distribution is limited, particularly found on the limestone mountain peaks in Lamphun and Tak Province. This research was carried to study the propagation methods for *P. bhumiboliana*, starting with the evaluation of sterilization techniques by burning seed pod with flame, soaking seed in sterilized water and treating seed with 5% hydrogen peroxide (H_2O_2) solution. The result showed that the immersion of mature seed capsules in 95% ethanol followed by burning the capsule's outer surface was the optimum sterilization method which reached 55.55% non-contamination. The study on shoot multiplication by transferring plantlets to Murashige and Skoog (MS) medium added with 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and benzyladenine (BA) was also carried out. The findings revealed that 0.1 mg/l 2,4-D and 0.1 mg/l BA induced an average vigorous shoot at 12.1 shoots per explant. *In vitro* conservation through slow growth storage technique of *P. bhumiboliana* by culturing on MS, 1/2 MS, 1/4 MS and 1/8 MS. was attempted. It was revealed that after being cultured on 1/2 MS, the cultures maintained viabilities for 12 months without any subculture and developed their new plantlets.
Keywords: Endemic species, micropropagation, slow growth storage

คำนำ

ภูมิพลินทร์ (*Paraboea bhumiboliana* Triboun & Chuchan) อยู่ในวงศ์แอฟริกันไวโอเล็ต (Gesneriaceae) เป็นไม้พุ่มสูง 20-60 ซม. ขึ้นบนหินผา แตกกิ่งก้านเป็นพุ่มจำนวนมาก ลำต้นมีเนื้อไม้แข็งบริเวณโคนต้น เปลือกไม้แตกเป็นร่องตามแนวยาว

[1] สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ปทุมธานี 12110
[2] ธนาคารทรัพยากรชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120
[1] Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Pathum Thani, 12110
[2] National Biobank of Thailand, National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani, 12120
* Corresponding author: phatchara.p@doa.in.th

มีสีน้ำตาลอมเทา ยอดยาว 10-15 ซม. กิ่งเรียวเล็ก ใบเรียงสลับตรงข้ามแบบตั้งฉาก ใบคล้ายแผ่นหนัง รูปรี รูปขอบขนาน หรือ รูปไข่ กว้าง 1.5-2.5 ซม. ยาว 2.5-6 ซม. ปลายมน โคนรูปลิ่มหรือมน ขอบหยักมนตื้น ใต้ใบปกคลุมด้วยขนแบบใยแมงมุมมีสีขาว ช่อดอกประกอบด้วยดอกเดี่ยวหรือช่อดอกกระจุกสั้นพบที่ปลายยอดหรือซอกใบใกล้ปลายของกิ่ง มีใบประดับย่อยและใบประดับใต้ช่อดอก มีกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 กลีบ ที่บริเวณโคนฐานเชื่อมติดกันปลายแยกเป็น 5 แฉก 3 แฉกบนติดกัน 2 แฉกล่างแยกกันเป็นอิสระ กลีบดอกเชื่อมติดกันที่โคนแล้วค่อยผายออกคล้ายรูประฆัง สีชมพูถึงม่วงอ่อน ปลายแยกเป็น 5 แฉก ที่โคน 3 แฉกล่างมีแต้มกลมสีเหลือง เกสรเพศผู้ติดบนกลีบดอก 2 อัน เกสรเพศผู้ลดรูปจนมีขนาดเล็ก (เป็นหมัน) 3 อัน รังไข่มีขนสั้นหนาแน่นปกคลุม ยอดเกสรเพศเมียเป็นแถบรูปลิ้น (Figure 1) ผลแบบผลแห้งแตก เมื่อแก่บิดเป็นเกลียว ภายในมีเมล็ดขนาดเล็กจำนวนมาก ออกดอกและติดฝักช่วงเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม พืชชนิดนี้พบเฉพาะถิ่นในบริเวณแก่งหินปูนจังหวัดลำพูนและจังหวัดตาก และมีการกระจายตัวในพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะเป็นเนินลาดผาหินเหนือแม่น้ำ แม้ว่ามีการประเมินของ Internaional Union for Conservation of Nature (IUCN) ว่าเป็นพืชที่ไม่ค่อยน่ากังวลเนื่องจากพบมีบางส่วนอยู่ในพื้นที่อนุรักษ์ (Triboun and Middleton, 2012)

Figure 1 Characteristics of the stems (a), leaves (b), and flowers (c) of *Paraboea bhumiboliana* in its natural habitat

แต่ด้วยปัจจุบันมีสภาวะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอย่างกะทันหันและต่อเนื่อง การใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนับเป็นเทคนิคหนึ่งที่สำคัญที่ช่วยสนับสนุนการขยายและป้องกันการสูญหายของเชื้อพันธุ์จากภัยธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่มีการกระจายตัวในพื้นที่จำกัดและมีลักษณะเฉพาะ ซึ่งการอนุรักษ์โดยใช้เทคนิคการชะลอการเจริญเติบโต (*in vitro* slow growth) ซึ่งเป็นวิธีการอนุรักษ์ที่สามารถนำเชื้อพันธุ์พืชมาใช้ประโยชน์ได้ทันที ด้วยการเลี้ยงให้เนื้อเยื่อพืชเกิดอัตราการเจริญเติบโตช้าลง แต่สามารถคงสภาพและมีชีวิตได้ในเวลานาน เพื่อลดการย้ายเนื้อเยื่อหรือระยะเวลาเปลี่ยนถ่ายอาหาร (Chauhan et al., 2019) ซึ่งอาจใช้วิธีการลดปริมาณอาหาร หรือการใช้สารทดแทนน้ำตาล sucrose เช่น sorbitol หรือ mannitol ในการชะลอการเจริญในมันฝรั่ง (*Chilotanum* group) (Muñoz et al., 2019) แอฟริกันไวโอเล็ต (Moges et al., 2003) ตลอดจนการเพิ่มปริมาณ sucrose เนื่องจาก sucrose มีผลต่อค่า osmotic pressure ของพืช หรือการปรับสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต เช่น การลดอุณหภูมิ ซึ่งวิธีการดังกล่าวไม่ส่งผลต่อลักษณะภายนอกและคุณภาพของเนื้อเยื่อ ทั้งนี้มีการศึกษาการชะลอการเจริญเติบโตในพืชหลายชนิด ยกตัวอย่างเช่นการใช้วิธีการปรับลดปริมาณอาหารและควบคุมสภาพแวดล้อมในไม้ผลหลายชนิด (Benelli et al., 2022) นอกจากนี้มีงานวิจัยในลิลลี่ป่า 2 ชนิด ได้แก่ *Lilium davidii* และ *Lilium longiflorum* โดยเลี้ยงบนอาหารสูตร 1/4 MS ร่วมกับการเติม abscisic acid (ABA) เข้มข้น 3.0 มก./ล. ที่อุณหภูมิ -2°C ได้นาน 15 เดือน โดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายอาหาร เพื่อเก็บรักษาสำหรับเป็นฐานพันธุกรรมลิลลี่ (Du et al., 2012)

วิธีการศึกษา

รวบรวมตัวอย่างฝักภูมิพลินทร์จากบริเวณพื้นที่ยอดเขาหินปูนจังหวัดตากและลำพูน ช่วงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งภูมิพลินทร์มีการออกดอกและติดฝักช่วงกรกฎาคม-ธันวาคม โดยเลือกใช้ฝักแก่จากแหล่งธรรมชาติที่มีลักษณะแห้งผิวฝักภายใต้ขนมีสีน้ำตาล เพื่อดำเนินการศึกษา 3 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนฝักภูมิพลินทร์ ซึ่งฝักมีขนหนาปกคลุมควรดึงและขูดขนที่อยู่บนผิวฝักภูมิพลินทร์ให้สะอาด ล้างด้วยน้ำสบู่และน้ำเปล่าให้สะอาด และนำมาศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการเผาฝักแบ่งเป็น 3 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 นำฝักจุ่มในเอทานอล 95% แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยการผ่านเปลวไฟ หลังจากนั้นบิดฝักให้แตกและเคาะเมล็ดเพาะเลี้ยงบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS (Murashige & Skoog, 1962) ที่เตรียมไว้ 3 ขวด/ฝัก โดยเคาะเมล็ดให้มีปริมาณเมล็ดต่อขวดใกล้เคียงกัน

กรรมวิธีที่ 2 นำฝักจุ่มในเอทานอล 95% แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยการผ่านเปลวไฟ หลังจากนั้นบิดฝักให้แตกและเคาะเมล็ดใส่ในน้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ โดยใช้เมล็ดทั้งหมดที่ได้จาก 1 ฝัก/น้ำ 3 มล. จากนั้นดูดเมล็ดด้วย syringe ปริมาณ 0.5 มล. พ่นบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่เตรียมไว้

กรรมวิธีที่ 3 นำฝักจุ่มในเอทานอล 95% แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยการผ่านเปลวไฟ หลังจากนั้นบิดฝักให้แตกและเคาะเมล็ดใส่ในน้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่มีเติมสาร hydrogen peroxide (H_2O_2) เข้มข้น 5% อัตราส่วน 2:1 โดยเมล็ดทั้งหมดที่ได้จาก 1 ฝัก/สารละลาย 3 มล. จากนั้นดูดเมล็ดด้วย syringe ปริมาณ 0.5 มล. พ่นบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่เตรียมไว้

อาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ปริมาณ 20 มล. ในขวดขนาด 4 ออนซ์ จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ขวด เลี้ยงภายใต้สภาพควบคุมโดยให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เลี้ยงเป็นเวลานาน 3 เดือน บันทึกจำนวนการปลอดการปนเปื้อนของเชื้อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากขวดเพาะเลี้ยง

การทดลองที่ 2 การชักนำให้เกิดยอด โดยนำต้นอ่อนภูมิพลินทร์ความสูงประมาณ 1 ซม. ที่ได้จากการเพาะเมล็ด เพาะเลี้ยงต้นอ่อนบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่เติม 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) เข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 0 0.1 และ 1.0 มก./ล. ร่วมกับ benzyladenine (BA) เข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 0 0.1 และ 1.0 มก./ล. จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ขวด วางแผนการทดลองแบบ CRD จัดสิ่งทดลองแบบ Factorial เลี้ยงภายใต้สภาพควบคุมโดยให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เลี้ยง บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตที่สังเกตได้ จำนวนยอดที่สมบูรณ์ และขนาดของกลุ่มเนื้อเยื่อ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เลี้ยงเป็นเวลานาน 6 เดือน

การทดลองที่ 3 ชะลอการเจริญเติบโตในสภาพปลอดเชื้อ โดยนำยอดภูมิพลินทร์ที่มีจำนวน 4 ข้อต่อยอดเพาะเลี้ยงบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่ความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ MS 1/2 MS 1/4 MS และ 1/8 MS โดยใช้น้ำตาล 30 ก./ล. วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 8 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ขวด เลี้ยงภายใต้สภาพควบคุมโดยให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เลี้ยง บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตที่สังเกตได้ และร้อยละการรอดชีวิต

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การฟอกฆ่าเชื้อฝักของภูมิพลินทร์ที่เหมาะสมควรดึงและขูดขนที่อยู่บนผิวฝักภูมิพลินทร์ให้สะอาด ล้างด้วยน้ำสบู่และน้ำเปล่าให้สะอาด หลังจากนั้นจุ่มฝักในเอทานอล 95% แล้วนำฝักมาผ่านไฟฆ่าเชื้อ บิดฝักที่เป็นเกลียวให้แตกและเคาะเมล็ดเลี้ยงบนอาหารสูตร MS โดยพบจำนวนตัวอย่างการปลอดการปนเปื้อนของเชื้อ 55.55% (Table 1) ซึ่งวิธีการดังกว่านี้สอดคล้องกับวิธีการฟอกฆ่าเชื้อฝักของนครินทรา (*Paraboea sangwaniae*) (Piriyavinit et al., 2012) แต่แตกต่างจากวิธีการฟอกฆ่าเชื้อฝักชาฤๅษีดอยตุง (*Paraboea doitungensis*) (Piriyavinit et al., 2018a) ทั้งนี้ แม้จะเป็นพืชสกุลเดียวกันและลักษณะของฝักเป็นแบบแห้งแตกมีลักษณะบิดเป็นเกลียวเช่นเดียวกัน โดยภายในมีเมล็ดเล็กเป็นผงจำนวนมาก (Triboun and Middleton, 2012) แต่มีลักษณะรูปทรงและผิวสัมผัสของฝักที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน (Figure 2) โดยฝักภูมิพลินทร์และฝักนครินทรามีลักษณะเป็นฝักแห้งแตกรูปทรงกระบอกกว้าง (ellipsoid capsule) เช่นเดียวกัน โดยฝักภูมิพลินทร์มีความยาว 1.5 – 2.0 ซม. ความกว้าง 3.0 – 6.0 มม. มีขนสีขาวปกคลุม ส่วนฝักชาฤๅษีดอยตุงมีรูปทรงที่แตกต่างคือเป็นรูปทรงกระบอกแคบ (narrowly cylindric capsule) ซึ่งลักษณะรูปทรงกระบอกแคบมีผลต่อการปริแตกของฝักหรือการได้รับความเสียหายของฝักทั้งก่อนและระหว่างการฟอกฆ่าเชื้อได้ง่ายกว่า ทำให้ต้องเพิ่มเติมส่วนของการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดด้วยการใช้สาร H_2O_2 ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพเหมาะสำหรับฟอกฆ่าเชื้อเนื้อเยื่อพืช (Thainum et al., 2012) หากเป็นฝักภูมิพลินทร์ที่มีรูปทรงกระบอกกว้างจะสามารถใช้วิธีผ่านไฟโดยไม่ต้องเคาะเมล็ดใส่ในน้ำ และนำไปเพาะบนอาหารสูตร MS ได้ทันที ทำให้ลดขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อน รวมถึงลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนของเชื้อจากขั้นตอนต่าง ๆ จากการสัมผัสเมล็ดได้ สอดคล้องกับการฟอกฆ่าเชื้อนรีรัตน์ (*Petrocosmea pubescens*) ซึ่งเป็นพืชวงศ์แอฟริกันไวโอเล็ตเช่นเดียวกัน (Rukkid et al., 2023) ด้วยเหตุนี้หากพบการแตกของฝักภูมิพลินทร์อาจต้องใช้ H_2O_2 ฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดตามรายงานการฟอกฆ่าเชื้อโดยใช้สาร H_2O_2 ในเมล็ด *Aconitum heterophyllum* (Srivastava et al., 2010) เมล็ด *Rhododendron wardii* (Amarasinghe et al., 2018) และ เมล็ด *Cannabis sativa* (Sorokin et al., 2021) เป็นต้น เพื่อเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตจากการปนเปื้อนของเชื้อจากการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดภูมิพลินทร์ได้ โดยเมื่อเพาะเมล็ดบนอาหาร MS นานประมาณ 1 เดือนเมล็ดจะเริ่มงอก ซึ่งแม้จะมีปริมาณเมล็ดเป็นผลจำนวนมากแต่พบการงอกเป็นต้นไม่มากนัก (Figure 3)

Table 1 Effect of seed pods of *P. bhumiboliana* sterilization on the rate of survival for 3 months

Methods of Sterilization	Non-contaminated rate (%)
Burning seed capsules	55.55
Burning seed capsules + dipping in sterile water (H_2O)	0
Burning seed capsules + dipping in 5% hydrogen peroxide (H_2O_2)	22.22

การทดลองที่ 2 การชักนำให้เกิดยอดจากต้นอ่อนภูมิพลินทร์ความสูงประมาณ 1 ซม. อายุประมาณ 3 เดือน (Figure 3) พบว่ามีการเกิดกลุ่มยอดอ่อนขนาดเล็กหนาแน่นเป็นจำนวนมากแม้เลี้ยงบนอาหารสูตร MS โดยบางยอดพัฒนาเป็นยอดขนาดใหญ่และสมบูรณ์ได้ (Figure 3) ซึ่งพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างฺ BA และ 2,4-D ที่มีผลกระทบกับจำนวนยอดที่มีลักษณะสมบูรณ์ โดยเมื่อเติม 2,4-D เข้มข้น 0.1 มก./ล. ร่วมกับ BA เข้มข้น 0.1 มก./ล. เกิดยอดขนาดใหญ่ที่สมบูรณ์มากที่สุด 12.1 ยอด/ชิ้นพืชทดลอง ส่วนการขยายความกว้างของกลุ่มยอดขนาดเล็กนั้นเป็นผลจาก 2,4-D และ BA โดยไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2,4-D และ BA ซึ่งเมื่อเติม 2,4-D เข้มข้น 1.0 มก./ล. จึงเห็นผลความแตกต่างทางสถิติของความกว้างของกลุ่มยอดขนาดเล็ก ส่วนการเติม BA จะสามารถชักนำให้เกิดกลุ่มยอดอ่อนที่มีขนาดเล็กและไม่สมบูรณ์ได้มากกว่าไม่เติม BA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเติม BA มีแนวโน้มชักนำให้เกิดกลุ่มยอดที่มียอดอ่อนขนาดเล็กที่ไม่สมบูรณ์จำนวนมากขึ้น แต่หากเติม 2,4-D ความเข้มข้นที่เหมาะสม 0.1 มก./ล. จะช่วยในการชักนำการเกิดยอดที่สมบูรณ์ แต่ถ้าสูงเกินเป็น 1.0 มก./ล. มีแนวโน้มในการเกิดกลุ่มยอดขนาดเล็กเพิ่มขึ้น (Table2 และ Figure 4) ทั้งนี้ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตในการชักนำการให้เกิดยอดที่เหมาะสมมีความแตกต่างกันขึ้นกับชนิดและชิ้นส่วนที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยง โดยพืชสกุลนี้มีแนวโน้มการเกิดกลุ่มยอดขนาดเล็กที่ลักษณะไม่แข็งแรงจำนวนมากขึ้นเมื่อเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารกลุ่มไซโตไคนิน เช่น BA แต่เมื่อเติมสารกลุ่มออกซิน ได้แก่ 2,4-D หรือ Indole-3-butyric acid (IBA) เพียงอย่างเดียว ชักนำการเกิดยอดสมบูรณ์ดังรายงานการชักนำต้นอ่อนนครินทรา (Piriyavinit et al., 2012; 2018b) และการใช้ 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) ชักนำใบชาฤๅษีดอยตุงให้เกิดยอดสมบูรณ์ (Piriyavinit et al., 2018a) แต่ทั้งนี้หากเพิ่มสารที่ควบคุมการเจริญเติบโตทั้งออกซินหรือไซโตไคนินมากกว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมมีแนวโน้มทำให้เกิดกลุ่มยอดขนาดเล็กที่ไม่แข็งแรงหนาแน่นจำนวนมากขึ้นและเกิดยอดที่สมบูรณ์ลดลง โดยมีรายงานการรวบรวมผลการศึกษาการขยายพันธุ์พืชวงศ์ Gesneriaceae ซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกันกับภูมิพลินทร์ในสภาพปลอดเชื้อ เช่น การเลี้ยงแคลลัสแอฟริกันไวโอเล็ตบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 200 มก./ล. นาน 18 นาที แล้วย้ายไปเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม NAA เข้มข้น 0.2 มก./ล. เพื่อชักนำการเกิดยอด หรือการใช้ Thidiazuron (TDZ) เข้มข้นต่ำ 0.001 - 0.002 มก./ล. ชักนำการเกิดยอดจากก้านและใบของแอฟริกันไวโอเล็ตได้ดีกว่าใช้ BA (da Silva et al., 2017) หรือการเพิ่มความเข้มข้นของ BA ส่งผลต่อการเกิดยอดของกล๊อกซิเนีย (Sharma and Sharma, 2013) และการขยายลูกผสมกล๊อกซิเนียพันธุ์ ‘Strawberry Ice-Cream’ บนอาหาร MS ที่เติม BA เข้มข้น 0.5 มก./ล. ร่วมกับการเติม Indole-3-acetic acid (IAA) เข้มข้น 0.2 มก./ล. (Zaripova et al., 2020) ดังนั้นในการขยายพันธุ์พืชด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จึงควรศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมทั้งสารกลุ่มออกซินและกลุ่มไซโตไคนินที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ซึ่งมีความเฉพาะในแต่ละชนิดของเชื้อพันธุ์และชิ้นส่วนที่ใช้ในการชักนำต่อไป

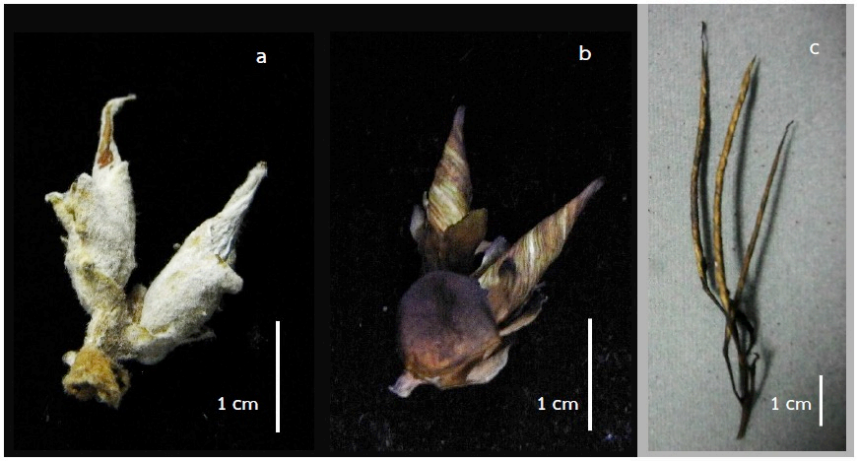


Figure 2 Pod of *Paraboea bhumiboliana* (a), *P. sangwaniae* (b) and *P. doitungensis* (c)

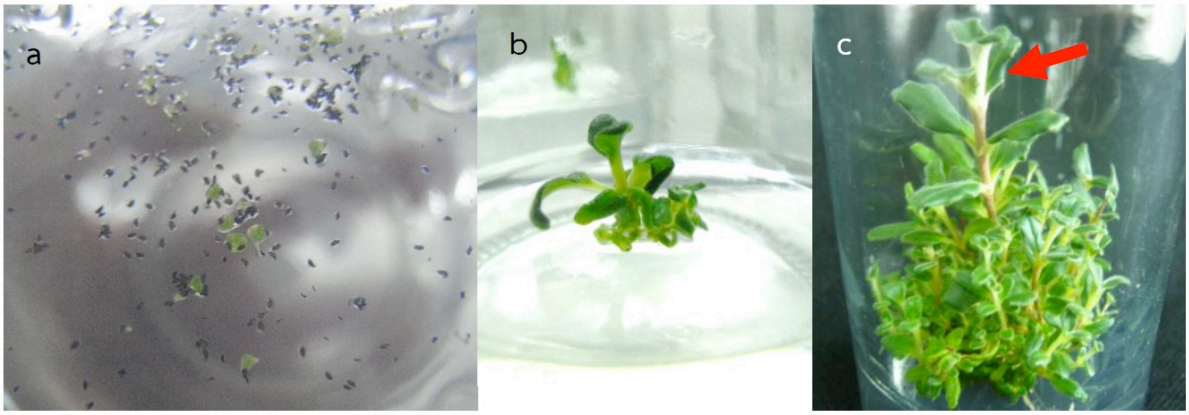


Figure 3 Characteristics of *P. bhumiboliana* plantlets cultured on MS medium for 1 month (a) 3 months (b) and vigorous shoots (c)

Table 2 Effects of 2,4-D and BA combination on shoot multiplication from plantlets of *P. bhumiboliana* cultured on MS medium for 6 months

2,4-D (mg/l)	Number of vigorous shoots				Shoot formation (cm)			
	BA (mg/l)				BA (mg/l)			
	0	0.1	1.0	mean	0	0.1	1.0	mean
0	8.3±0.06$^{a\,x}$	4.9±0.06$^{b\,y}$	3.7±0.07$^{b\,xy}$	5.9	2.18±0.06	2.36±0.08	2.40±0.04	2.31^{y}
0.1	9.2±0.05$^{b\,x}$	12.1±0.04$^{a\,x}$	5.5±0.06$^{c\,x}$	8.8	2.20±0.04	2.36±0.05	2.20±0.04	2.25^{y}
1.0	9.3±0.04$^{a\,x}$	3.8±0.03$^{b\,y}$	2.3±0.13$^{b\,y}$	5.1	2.58±0.03	2.58±0.05	2.62±0.06	2.59^{x}
mean	8.9	7.1	3.8		2.32^{b}	2.43^{a}	2.41^{a}	
F-test (BA)		**				**		
F-test (2,4-D)		**				*		
F-test (BA×2,4-D)		**				ns		
CV (%)		24.2				14.9		

Means within columns and rows followed by the same letters are not significantly different at 5% level by DMRT (N=45)

ns = not significant * = significant at 5% level ** = significant at 1% level

- The a, b, c combinations compare the difference in concentration of cytokinin (BA)
- The x, y, z combinations compare differences in concentrations of auxin (2,4-D)

Transformation efficiency: Number of shoots are log (X+1) transformed value

การทดลองที่ 3 การชะลอการเจริญเติบโตของต้นภูมิพลินทร์ โดยการลดปริมาณความเข้มข้มของอาหารสูตร MS พบว่าลักษณะต้นมีขนาดเล็กเมื่อเลี้ยงยอดบนอาหาร MS โดยเมื่อเพาะเลี้ยงนาน 8 เดือนต้องมีการเปลี่ยนถ่ายอาหาร (subculture) อย่างน้อยหนึ่งครั้งเนื่องจากมีการแตกยอดเป็นกลุ่มยอดหนาแน่นจำนวนมาก ส่วนการปรับลดปริมาณสูตรอาหาร MS ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการชะลอการเจริญเติบโตเนื่องจากเป็นการลดสารอาหารที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตของพืช โดยพบว่าการเลี้ยงภูมิพลินทร์บนสูตรอาหาร 1/8 MS และ 1/4 MS พบอาการแห้งเหี่ยวของยอดที่สมบูรณ์เกิดมากขึ้น เป็นสาเหตุให้ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายอาหารอย่างน้อยหนึ่งครั้ง เช่นเดียวกัน ส่วนต้นภูมิพลินทร์ที่เลี้ยงบนอาหาร 1/2 MS พบว่ายังมีร้อยละการรอดชีวิต 87.50% เมื่อเลี้ยงนาน 8 เดือน (Figure 5) และสามารถเลี้ยงต้นภูมิพลินทร์บนสูตรอาหาร 1/2 MS ได้นาน 1 ปี แม้ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายอาหาร สอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงยอดนครินทราบนอาหารสูตร 1/2 MS ได้นาน 1 ปี โดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายอาหารและต้นยังคงสมบูรณ์ (Piriyavinit et al., 2018b) ทั้งนี้ มีการศึกษาการชะลอการเจริญเติบโต โดยการปรับลดธาตุอาการในพืชหลายชนิด เช่น ใน *Globba adhaerens* Gagnep พบว่าการลดปริมาณธาตุอาหารลงเหลือ 1/2 MS และ 1/4 MS ร่วมกับการลดน้ำตาลทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงกว่าไม่เติมน้ำตาล (Iida et al., 2020) และการชะลอการเจริญเติบโตพืชสกุลลิลลี่ ได้แก่ David's lily และ Easter lily

สามารถชะลอการเจริญเติบโตได้ดี โดยเลี้ยงบนสูตรอาหาร 1/4 MS ที่เติมซูโครสความเข้มข้น 9% หรือ เติมสาร Abscisic acid (ABA) เข้มข้น 3.0 มก./ล. (Du et al., 2012) หรือการชะลอการเจริญเติบโตของต้นอโกลนีมา (Aglaonema) โดยเลี้ยงบนสูตรอาหาร 1/4 MS ร่วมกับการเติม BAP เข้มข้น 1.0 มก./ล. และ IAA เข้มข้น 1.0 มก./ล. (Nugrahani et al., 2024) ในการทดลองนี้ยังพบการเกิดรากในต้นภูมิพลินทร์เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่ลดความเข้มข้นของสูตรอาหารเป็น 1/4 MS และ 1/8 MS แต่รากมีสีน้ำตาลไม่สมบูรณ์ ซึ่งการปรับลดปริมาณธาตุอาหารของ MS มีรายงานว่าสามารถชักนำการเกิดรากได้ ซึ่งมีรายงานในพืชหลายชนิด เช่น การเพาะเลี้ยงยอด *Paraboea doitungensis* บนสูตรอาหาร 1/2 MS เพื่อชักนำราก (Piriyavinit et al., 2018a) และการชักนำรากในหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* bertoni) โดยเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร 1/2 MS ร่วมกับ NAA เข้มข้น 0.2 ppm (Asmono et al., 2021)

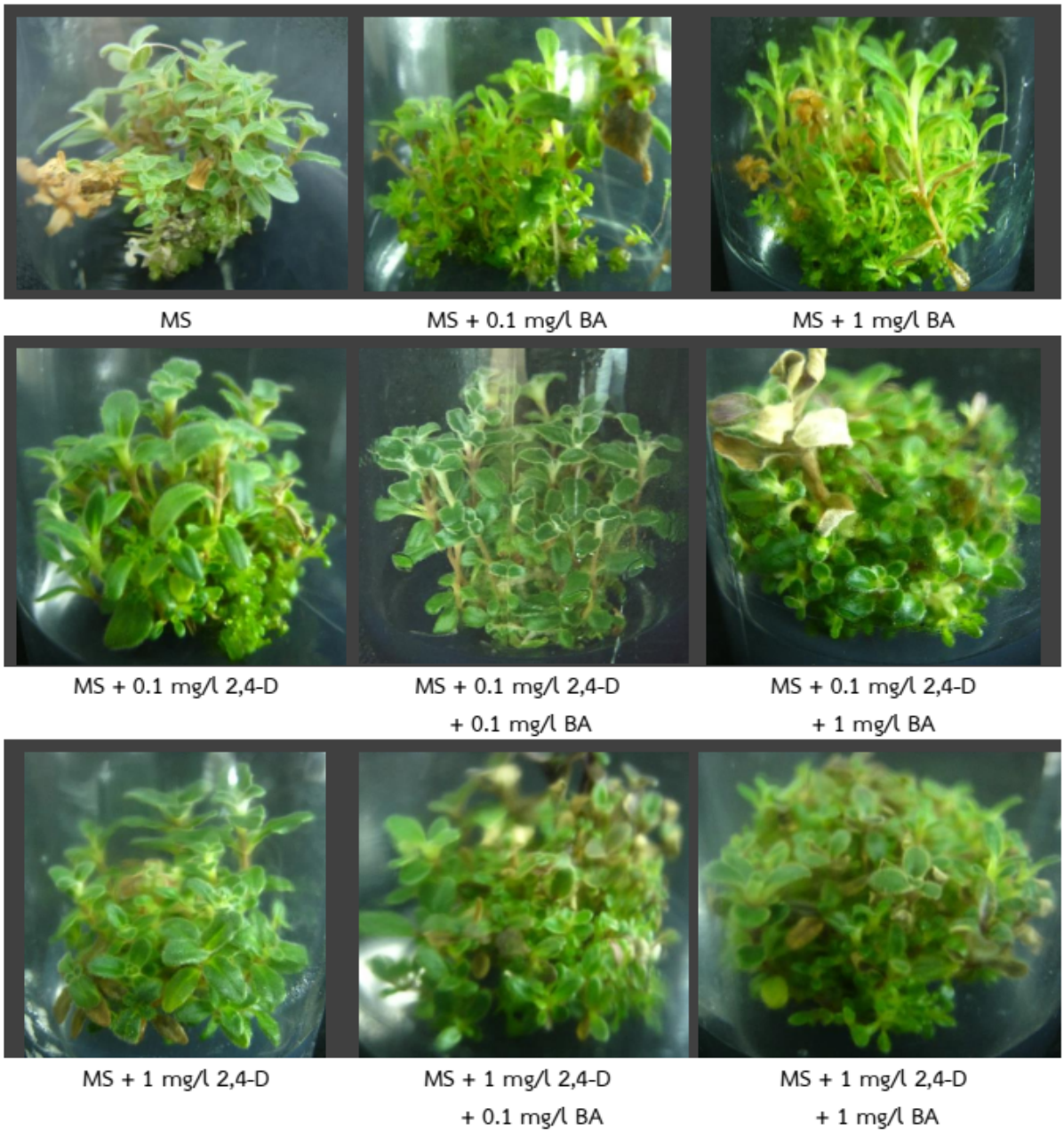


Figure 4 Shoot proliferation after plantlets of *P. bhumiboliana* were cultured on MS medium supplemented with different concentration of 2,4-D and BA for 6 months

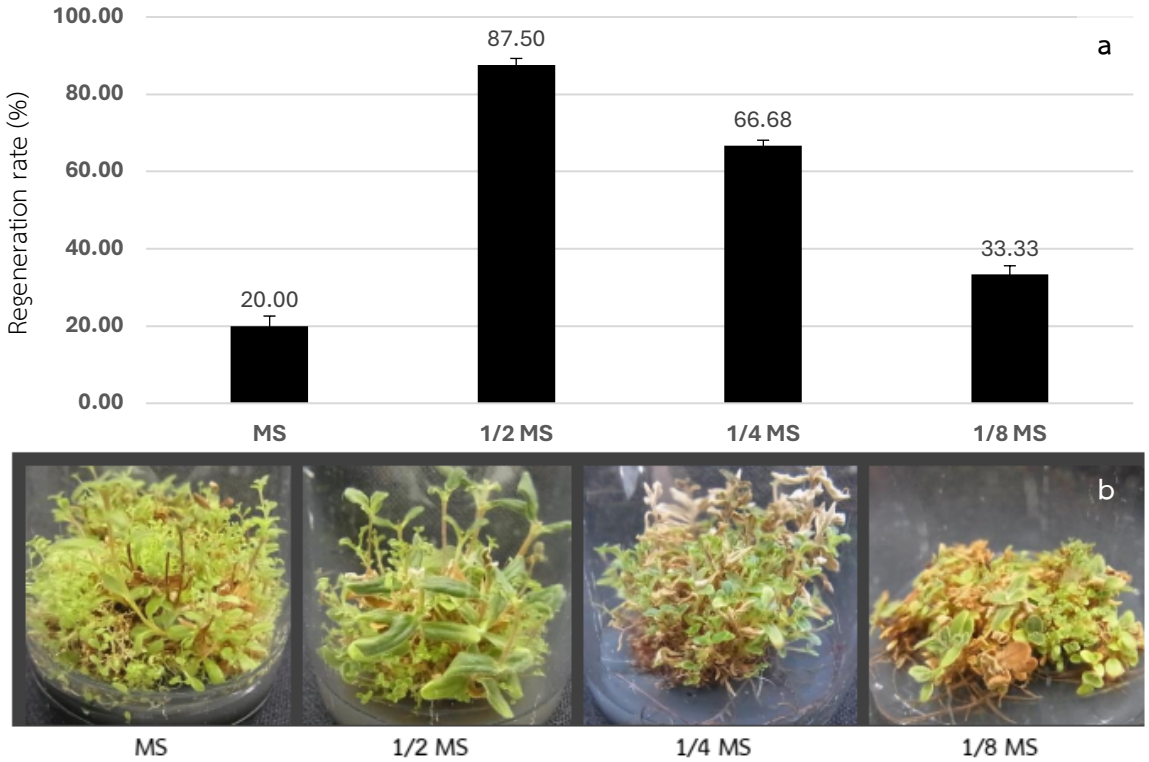


Figure 5 Effect of MS medium concentration on the regeneration rate (a) and morphological characteristics (b) of *P. bhumiboliana* shoots cultured from *in vitro* conservation for 8 months

สรุปผลการศึกษา

การฟอกฆ่าเชื้อผิวฝักแก่ภูมิพลินทร์ที่มีลักษณะแห้ง ควรทำโดยนำฝักมาดึงและขูดขนที่อยู่บนผิวฝักให้สะอาด ล้างด้วยน้ำสบู่และน้ำเปล่าให้สะอาด หลังจากนั้นจุ่มฝักในเอทานอล 95% แล้วนำฝักลนผ่านไฟฆ่าเชื้อ บิดฝักที่เป็นเกลียวให้แตกและเคาะเมล็ดลงเพาะเลี้ยงบนสูตรอาหาร MS ซึ่งทำให้ได้เนื้อเยื่อที่ปลอดการปนเปื้อนของเชื้อ 55.55% และเมื่อนำต้นอ่อนที่ได้จากการเพาะเมล็ดมาเพิ่มปริมาณยอดบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D เข้มข้น 0.1 มก./ล. ร่วมกับ BA เข้มข้น 0.1 มก./ล. พบว่าสามารถชักนำให้เกิดยอดที่สมบูรณ์เฉลี่ย 12.1 ยอด/ชิ้นพืชทดลอง สำหรับการชะลอการเจริญเติบโต พบว่าเมื่อเลี้ยงยอดภูมิพลินทร์บนอาหาร 1/2 MS ทำให้ยังคงอัตราการรอดชีวิตและเจริญเติบโตได้ เมื่อเพาะเลี้ยงได้นาน 1 ปี โดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายอาหาร

ผลประโยชน์ทับซ้อน

บทความวิจัยนี้เป็นผลงานที่ได้จากการวิจัยโดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำวิจัย ตลอดจนคณะเจ้าหน้าที่ของสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตรที่ให้การสนับสนุนในการปฏิบัติงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วง

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

พัชร ปิริยะวินิตร ผู้เขียนบทความ เป็นผู้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานวิจัยการขยายและอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ภูมิพลินทร์ ตั้งแต่วางแผนการวิจัย ศึกษาภาคสนามรวบรวมเชื้อพันธุ์ บันทึก วิเคราะห์ และสรุปผลการวิจัย โดยมีผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 ท่านเป็นผู้มีส่วนร่วมในการสนับสนุนการปฏิบัติงานวิจัย ได้แก่ คุณพัฒน์นรี รักษ์คิด มีส่วนร่วมปฏิบัติงานทดลองในสภาพปลอดเชื้อ และ คุณปราโมทย์ ไตรบุญ มีส่วนร่วมในการสำรวจรวบรวมเชื้อพันธุ์ภาคสนาม ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับเชื้อพันธุ์พืช

เอกสารอ้างอิง

Asmono, S. L., Rahmawati, A., & Sjamsijah, N. (2021). The effect of murashige and skoog (MS) modified medium and several types of auxins on the growth of stevia (*Stevia rebaudiana* bertoni) *in vitro*. **IOP Conference Series Earth and Environmental Science**, 672(1), 012001. https://doi.org/10.1088/1755-1315/672/1/012001.

Amarasinghe, R. M. N. T., Wang, J. H., Xie, W. X., Peng, L. C., Li, S. F., & Li, H. (2018). Seed-sterilization of *Rhododendron wardii* for micropropagation. **Sri Lanka Journal of Food and Agriculture**, 4(1), 9-14.

Benelli, C., Tarref, W., Izgu, T., & De Carlo, A. (2022). *In vitro* conservation through slow growth storage technique of fruit species: an overview of the last 10 years. **Plants**, 11(23), 3188. https://doi.org/10.3390/plants11233188.

Chauhan, R., Singh, V., & Quraishi, A. (2019). *In vitro* conservation through slow-growth storage. In Faisal, M. and Alatar, A. A. (eds.). 2019. **Synthetic Seeds**, pp. 397-416. Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24631-0_19.

Da Silva, J. S. T., Zeng, S., Wicaksono, A., Kher, M. M. Kim, H., Hosokawa, M., & Dewir, Y. H. (2017). *In vitro* propagation of African violet: a review. **South African Journal of Botany**, 112(1), 501-507.

Du, Y. P., Li, W. Y., Zhang, M. F., He, H. B. & Jia, G. X. (2012). The establishment of a slow-growth conservation system *in vitro* for two lily species. **African Journal of Biotechnology**, 11(8), 1981-1990.

Iida, K., Kaewsom, P., & Wongchaochant, S. (2020). Slow growth culture media for *in vitro* short-term storage of *Globba adhaerens* Gangnep. In **Proceedings of the 58th Kasetsart University Annual Conference**, pp. 223-230. Kasetsart University.

Moges, A. D., Karam N. S., & Shibli, R. A. (2003). Slow growth *in vitro* preservation of African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.) **Advances in Horticultural Science**, 17(4), 223-230.

Muñoz, M., Díaz, O., Reinún, W., Winkler, A., & Quevedo, R. (2019). Slow growth *in vitro* culture for conservation of *Chilotanum* potato germplasm. **Chilean Journal of Agricultural Research**, 79(1), 26-35. https://doi.org/10.4067/S0718-58392019000100026.

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, 15(3), 473-497.

Nugrahani, P., Purnobasuki, H., & Sitawati, S. (2024). Composition of media for in vitro slow growth storage (sgs) of Aglaonema. **Ornamental Horticulture**, 30(1), e242696. https://doi.org/10.1590/2447-536X.v30.e242696.

Piriyavinit, P., Rukkid, P., Triboun, P., & Sangkasa-ad, P. (2012). Study on micropropagation technique of *Trisepalum sangwaniae* an endemic species in Thailand. In **Proceedings of the 2nd National Conference Khon Kaen University, Nongkhai Campus**, pp. 395-400. Khon Kaen University, Nongkhai Campus. (in Thai).

Piriyavinit, P., Rukkid, P., & Kanjanawattanawong, P. (2018a). Micropropagation technique of *Paraboea doitungensis* for conservation. **Thai Agricultural Research Journal**, 36(3), 268-278. (in Thai).

Piriyavinit, P., Rukkid, P., Sangkasa-ad, P., & Triboun, P. (2018b). *In vitro* conservation technique of *Paraboea sangwaniae*. In **The 12th Botanical Conference of Thailand**, pp. 187-188. Mahasarakham University. (in Thai).

Rukkid, P., Piriyavinit, P., & Triboun, P. (2023). The *in vitro* multiplication technique of *Petrocosmea pubescens*, an endemic species of Thailand. In **The 20th KU KPS National Conference**, pp. 281. Kasetsart University, Kamphang Saen Campus. (in Thai).

Sharma, S. K., & Sharma, M. (2013). Improved protocol for *in vitro* propagation of gloxinia (*Sinningia* sp.). **Journal of Cell and Tissue Research**, 13(1), 3545-3548.

Sorokin, A., Yadav, N. S., Gaudet, D., & Kovalchuk, I. (2021). Development and standardization of rapid and efficient seed germination protocol for *Cannabis sativa*. **Bio-protocal**, 11(1), e3875. https://doi.org/10.21769/BioProtoc.3875.

Srivastava, N., Kamal, B., Sharama, V., Negi, Y. K., Dovriyal, A. K., Gupta, S., & Jadon, V. S. (2010). Standardization of sterilization protocol for micropropagation of Aconitum hererophyllum - An endangered medicinal herb. **Academic Arena**, 2(6), 62-66.

Thainum, K., Thonnalak, T., & Tapingkae, T. (2012). Hydrogen peroxide – an effective agent for the sterilization of plant tissue culture media. **Rajabhat Chiang Mai Research Journal**, 13(1), 149-155. (in Thai).

Triboun, P., & Middleton, D. J. (2012). Twenty new species of *Paraboea* (Gesneriaceae) from Thailand. **Gardens' Bulletin Singapore**, 64(2), 333-370.

Zaripova, A. A., Mukhametvafina, A. A., Urazbakhtina, K. A., Shigapava, A. I., Akhmetova, A. Sh., & Shigapov., Kh. (2020). Development of clonal micropropagation technique for Gloxinia hybrida hort. "Strawberry Ice-Cream". **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 941(1), 012029. https://doi.org/10.1088/1757-899X/941/1/012029.

การประเมินผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรบางประการของฝ้ายสีธรรมชาติสายพันธุ์ดีเด่น

Evaluation for Yield, Yield Components, and Some Agronomic Traits of Natural Color Cotton Elite Lines (*Gossypium hirsutum* L.)

อำไพ พรหมณเรศ[1*], แสงแข น้าวานิช[1], ถวิล นิลพยัคฆ์[1] และณัฐณิชา สิทธิเดช[1]
Amphai Promnaret[1*], Saengkhae Nawanich[1], Tawil Nilpayak[1] and Nutnicha Sitthidet[1]
Received date: 25 ก.ย. 67 Revised date: 7 พ.ค. 68 Accepted date: 8 พ.ค. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.264751

บทคัดย่อ

การศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพในการให้ผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรบางประการของฝ้ายสีธรรมชาติสายพันธุ์ดีเด่นที่ปรับปรุงขึ้นมาใหม่โดยศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จำนวน 8 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์ทดสอบ 2 พันธุ์คือ Dora11 และศรีสำโรง 60 [SSR60] ในฤดูต้นฝน ปี 2565 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ปลูก 25 ต้น/แถว 4 แถว/หน่วยทดลอง และเก็บข้อมูลผลการทดลองจาก 2 แถวกลาง พบว่า 9 จาก 11 ลักษณะของพันธุ์/สายพันธุ์ฝ้ายที่ปลูกทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประกอบด้วยอายุสมอเปิด 50% (107-114 วัน) ความสูงต้น (135-164 เซนติเมตร) จำนวนกิ่งกระโดง (1.2-3.4 กิ่ง/ต้น) จำนวนกิ่งผล (12.3-14.6 กิ่ง/ต้น) น้ำหนักเมล็ด (8.2-13.4 กรัม/100 เมล็ด) น้ำหนักสมอ (4.28-5.71 กรัม/สมอ) ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ด (194-262 กิโลกรัม/ไร่) ผลผลิตปุยฝ้าย (70-108 กิโลกรัม/ไร่) และเปอร์เซ็นต์ปุย (30.9-41.9%) ขณะที่อายุดอกบาน 50% (53-55 วัน) และจำนวนสมอ/ต้น (51.7-58.3 สมอ/ต้น) คือ 2 ลักษณะที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ฝ้ายสีธรรมชาติสายพันธุ์ W535, W537 และ W536 มีแนวโน้มให้ผลผลิตปุยฝ้ายสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ Dora11 และศรีสำโรง 60 คือ ให้ผลผลิตปุยฝ้าย 108, 105, 103, 93 และ 80 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ขณะที่ฝ้ายสีธรรมชาติสายพันธุ์อื่นๆ 5 สายพันธุ์ให้ผลผลิตปุยฝ้ายระหว่าง 70-94 กิโลกรัม/ไร่

คำสำคัญ: ฝ้ายสีธรรมชาติ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ลักษณะทางการเกษตร

Abstract

This study was conducted to evaluate the yield potential, yield components and some agronomic traits of 8 natural color cotton elite lines, which were improved by the National Corn and Sorghum Research Center [NCSRC], tested with 2 check varieties; Dora11, and Srisumrong60 in the early rainy season of 2022 at the NCSRC, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima Province, Thailand. The randomized complete block design [RCBD] with 3 replications was used with 25 plants/row, 4 rows/experimental unit, and data were recorded from middle row. It was found that 9 of 11 recorded traits of the tested cotton varieties/lines were significantly different. It comprised no. of days to 50% boll opening (107-114 days), plant ht (135-164 cm), no. of vegetative branch (1.2-3.4 branches/plant), no. of fruiting branch (12.3-14.6 branches/plant), seed wt (8.2-13.4 g/100 seeds), boll wt (4.28-5.71 g/boll), seed cotton yield (194-262 kg/rai), cotton lint yield (70-108 kg/rai), and ginning outturn (30.9-41.9%). While no. of days to 50% flowering (53-55 days) and no. of boll/plant (51.7-58.3 balls/plant) had a non-significant difference. The result of this study indicated that natural color cotton

[1] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครราชสีมา 30320
[1] National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30320
* Corresponding author: ijsapr@ku.ac.th

lines W535, W537 and W536 had a trend for higher lint yield than Dora11, Srisumrong60. The lint yields were 108, 105, 103, 93 and 80 kg/rai, respectively. While other 5 natural color lines had lint yield of 70-94 kg/rai.

Keyword: natural color cotton, yield, yield components, agronomic traits

คำนำ

ฝ้าย (cotton: *Gossypuim hirsutum* L.) เป็นฝ้ายชนิดที่มีการปลูกและผลิตเป็นสินค้ามากที่สุดในโลก มีถิ่นกำเนิดในภาคใต้ของเม็กซิโก และอเมริกากลาง ก่อนที่ชาวยุโรปจะหลั่งไหลเข้าไปตั้งถิ่นฐานในอเมริกา ฝ้ายชนิดนี้มีปลูกเป็นจำนวนมากที่หมู่เกาะเวสต์อินดิส และที่เขตปลูกฝ้ายอเมริกาเหนือก็มีปลูกบ้าง ซึ่งเรียกว่า "พันธุ์ฝ้ายดอน" (upland cotton) ซึ่งเป็นชนิดที่ปลูกเป็นอุตสาหกรรมทั่วโลก (Ittharat and Phothithaen, 2023) ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศที่ผลิตฝ้ายได้ผลผลิตต่อไร่มากที่สุด 3 อันดับแรก คือ สาธารณรัฐประชาชนจีน ออสเตรเลีย และตุรกี เฉลี่ย 324, 311 และ 287 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (IndexMundi, 2024) ขณะที่สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงานทดแทน กรมวิชาการเกษตร รายงานว่า พันธุ์ฝ้ายที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์พัฒนาให้ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ด (seed cotton yield) เฉลี่ย 170–285 กิโลกรัม/ไร่ (Field and Renewable Energy Crops Research Institute, 2020) โดยปุยและเมล็ดฝ้ายอาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Ittharat, 1993) ดังนี้ 1) เส้นใยหรือปุยฝ้าย (lint หรือ fiber) อาจนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ใช้ทำเครื่องนุ่งห่ม เครื่องใช้ภายในบ้าน ยางรถยนต์ เบาะที่นั่ง ผ้าใบ การผลิตเส้นใยเทียมหรือเรยอง (rayon) 2) ส่วนเมล็ดฝ้ายที่ประกอบด้วย 2.1) ขนปุยที่ติดกับเมล็ด (linter or fuzz) อาจใช้ทำผ้าซึมซับ ทำเบาะผ้าสักหลาด พรม วัตถุระเบิด และอุตสาหกรรมผลิตเซลลูโลส เช่น ทำเส้นใยประดิษฐ์ ฟิล์มเอ๊กซเรย์ หรือพลาสติก 2.2) เปลือกเมล็ด (seed coat) อาจนำไปใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยอินทรีย์ หรือทำยางเทียม 2.3) เนื้อในเมล็ด (kernel) อาจใช้ทำเนยเทียม (margarine) ใช้เป็นตัวทำละลาย (solvent or emulsifier) เป็นส่วนผสมในการผลิต สารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช เครื่องสำอาง ยางพลาสติก เครื่องหนังกระดาษและอุตสาหกรรมสิ่งทอ และ 2.4) กากที่เหลือหลังจากสกัดเอาน้ำมันออกแล้ว ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง อาจนำไปเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ หรือเป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารมนุษย์ เช่น ผสมทำขนมปัง ผสมอาหารพวกที่มีเนื้อ เช่น ไส้กรอก ทั้งนี้ปุยฝ้ายติดเมล็ด 10 กิโลกรัมจะสามารถให้เส้นใยประมาณ 3.5 กิโลกรัม และน้ำมันประมาณ 1 กิโลกรัม

ปัจจุบันการปลูกฝ้ายในประเทศไทยพบปัญหาค่อนข้างมากและรุนแรงในหลายด้าน โดยเฉพาะปัญหาพันธุ์ฝ้ายไม่ต้านทานต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายและเพลี้ยจักจั่นฝ้าย อย่างไรก็ตามยังมีเกษตรกรบางกลุ่มยังคงปลูกฝ้ายเพื่อใช้ทำหัตถกรรมในครัวเรือน ในปัจจุบันศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงานทดแทน กรมวิชาการเกษตร ได้มีการพัฒนาฝ้ายสายพันธุ์ดีเด่นที่ทนทานต่อศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ โดยเฉพาะเพลี้ยจักจั่น และโรคใบหงิก (Sebunruang et al., 2020a) เพื่อสนับสนุนการผลิตฝ้ายของเกษตรกรในสภาพปลอดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูฝ้าย (Sebunruang et al., 2020b) ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นหน่วยงานที่ได้ทำการพัฒนาพันธุ์ฝ้ายมาโดยตลอด จึงได้นำฝ้ายสายพันธุ์ดีเด่นที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 8 สายพันธุ์ มาศึกษาเพื่อประเมินผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรบางประการโดยมีพันธุ์ Dora11 และ ศรีสำโรง 60เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้ฝ้ายสายพันธุ์ใหม่ ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในสภาพการปลูกของเกษตรกร และจะเป็นการสนับสนุนให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฝ้ายของกลุ่มทอผ้าและงานหัตถกรรม มีความเป็นไปได้มากยิ่งขึ้นโดยเกษตรกรจะสามารถปลูกฝ้ายสีธรรมชาติและนำไปทำผลิตภัณฑ์ได้อย่างครบวงจร

วิธีการศึกษา

แผนการทดลอง การปลูก และการดูแลรักษา

ปลูกฝ้ายสายพันธุ์ดีเด่นที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงที่ผ่านการคัดเลือกขั้นต้นมาแล้ว ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ฤดูต้นฝน (มิถุนายน - ธันวาคม) ปี

พ.ศ. 2565 จำนวน 8 สายพันธุ์ คือ B531, G532, W533, W534, W535, W536, W537 และ W538 ร่วมกับพันธุ์ตรวจสอบ Dora11 และศรีสำโรง 60 [SSR60] รวม 10 พันธุ์/สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize complete block design: RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อย 4.80 x 12.00 เมตร ปลูก 4 แถว และเก็บข้อมูลการทดลองจาก 2 แถวกลาง ระยะปลูก ระหว่างต้น 0.50 เมตร ระหว่างแถว 1.20 เมตร แถวยาว 12 เมตร ก่อนปลูกรองพื้นด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ปลูกฝ้ายโดยการหยอดเมล็ด 5 เมล็ด/หลุม หลังปลูกพ่นสารควบคุมวัชพืชไดยูรอน 80%WP อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร เมื่อฝ้ายอายุ 15 วัน ถอนแยกให้เหลือ 2 ต้น/หลุม และ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/หลุม และเมื่อฝ้ายอายุ 30 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ พร้อมกำจัดวัชพืช เมื่อพบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูฝ้าย ให้ฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (Field and Renewable Energy Crops Research Institute, 2020) เมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยวให้ทยอยเก็บปุยฝ้ายทั้งเมล็ดจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 - 10 วัน

การบันทึกข้อมูล

บันทึกลักษณะทางการเกษตรจำนวน 11 ลักษณะดังนี้ อายุดอกบาน 50% (Day to 50% flowering) นับจำนวนวันออกดอกของฝ้ายตั้งแต่วันที่เมล็ดฝ้ายได้รับน้ำครั้งแรก จนถึงวันดอกแรกบานเกินกว่า 50% ของจำนวนต้นฝ้ายทั้งหมด อายุสมอเปิด 50% (Day to 50% boll opening) นับจำนวนวันสมอฝ้ายเปิดตั้งแต่วันที่เมล็ดฝ้ายได้รับน้ำครั้งแรก จนถึงวันสมอแรกเปิด 50% ของจำนวนต้นฝ้ายทั้งหมด ความสูงต้น (Plant height) วัดความสูงจากรอยแผลคู่แรกที่ลำต้น จนถึงข้อใบสุดท้าย ในระยะที่ฝ้ายติดสมอ วัดเป็นเซนติเมตร จำนวนกิ่งกระโดง (Number of vegetative branch) สุ่มนับแปลงย่อยละ 10 ต้น แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย จำนวนกิ่งผล (Number of fruiting branch) สุ่มนับแปลงย่อยละ 10 ต้น แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย น้ำหนัก 100 เมล็ด (100 Seeds weight) นับเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด นำไปชั่งน้ำหนัก มีหน่วยเป็นกรัม จำนวนสมอ (Number of boll) สุ่มนับสมอแปลงย่อยละ 10 ต้น แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย น้ำหนักสมอ (Ball weight) สุ่มชั่งน้ำหนักสมอแปลงย่อยละ 10 สมอ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย หน่วยเป็นกรัม ผลผลิตปุยติดเมล็ด (Seed cotton yield) เก็บฝ้ายทั้งหมดในแปลงย่อยจาก 2 แถวกลาง จำนวน 3 ครั้ง ทุก 7-10 วันแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณเป็นกิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตปุยฝ้าย (Fiber yield/Lint yield) เก็บฝ้ายทั้งหมดในแปลงย่อยจาก 2 แถวกลาง จำนวน 3 ครั้ง ทุก 7-10 วัน แยกปุยออกจากเมล็ด ชั่งน้ำหนักปุย คำนวณเป็นกิโลกรัม/ไร่ และ เปอร์เซ็นต์ปุย (Ginning outturn) คำนวณจาก นำหนักปุยหลังแกเมล็ด หารด้วยน้ำหนักปุยฝ้ายติดเมล็ด แล้วนำมาคูณด้วย 100

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่บันทึกได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม STAR-2.0.1 (International Rice Research Institute, 2014)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

อายุดอกบาน 50%

อายุดอกบาน 50% นับจากวันที่เมล็ดพันธุ์ปลูกได้รับน้ำครั้งแรกถึงดอกแรกบาน 50% ของทุกพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีอายุดอกบาน 50% ระหว่าง 53-55 วัน เฉลี่ย 54 วัน ซึ่งมีอายุดอกบาน 50% ใกล้เคียงกับพันธุ์ กวก.ตากฟ้า 7 ที่มีอายุดอกบาน 50% เท่ากับ 55 วัน (Department of Agriculture, 2017) โดยปกติดอกฝ้ายใช้ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มสร้างดอก (floral initiation) จนถึงดอกบาน (flowering) ประมาณ 21 วัน และการผสมเกสรจะเริ่มขึ้นหลังจากดอกบานภายในไม่กี่ชั่วโมง (Ritchie et al., 2007) ซึ่งดอกจะเริ่มบานเมื่อรังไข่เจริญเติบโตเต็มที่และพร้อมที่จะรับการผสม (Albers, 2023)

อายุสมอเปิด 50%

อายุตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกได้รับน้ำครั้งแรกถึงวันแรกที่สมอเปิด 50% ของฝ้ายทุกพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยฝ้ายทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีอายุสมอเปิด 50% ระหว่าง 107-

114 วัน และมีอายุสมอเปิด 50% เฉลี่ยเท่ากับ 110 วัน โดยสายพันธุ์ W535 สมอเปิดเร็วที่สุดเท่ากับ 107 วัน และ สายพันธุ์ B531 สมอเปิดช้าสุด 114 วัน (Table 1) Ritchie et al. (2007) และ Albers (2023) รายงานว่า สมอฝ้ายจะใช้เวลาตั้งแต่ไข่ได้รับการผสมจนถึงระยะรังไข่พัฒนาเป็นผลที่เจริญเติบโตเต็มที่ ประมาณ 6 สัปดาห์ หลังจากนั้นสมอจะเริ่มแห้ง และเปิดออก ซึ่งการเปิดของสมอเกิดจากการควบคุมร่วมกันของออกซินและเอธิลีน โดยเอธิลีนจะเป็นตัวกระตุ้นให้สมอเปิด ขณะที่ออกซินจะทำหน้าที่ต้านการทำงานของเอธิลีนเพื่อป้องกันการเปิดของสมอก่อนกำหนด ทั้งนี้อาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้สมอเปิดได้ไม่ดี เช่น อายุสมอ การได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ โรค เป็นต้น (Advancing Cotton Education, 2024)

ความสูงต้น

ความสูงต้นของฝ้ายที่ร่วมทดสอบ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ ฝ้ายทุกพันธุ์/สายพันธุ์ที่ร่วมทดสอบมีความสูงระหว่าง 135-164 เซนติเมตร โดยมีฝ้ายสายพันธุ์ดีเด่นที่ปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาใหม่เพียง 3 สายพันธุ์ คือ G532 (164 เซนติเมตร), W536 (156 เซนติเมตร) และ W537 (159 เซนติเมตร) ที่ลำต้นเจริญเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์ตรวจสอบ Dora11 (155 เซนติเมตร) และพันธุ์ศรีสำโรง 60 (135 เซนติเมตร) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Damtew et al. (2022) ที่รายงานว่า ความสูงของต้นฝ้ายพันธุ์ต่าง ๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผลการวิจัยเป็นไปในทางเดียวกันกับรายงานของ Nikhil et al. (2018) และ Premalatha et al. (2020) ที่รายงานว่าความสูงของพืชเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรม นอกจากนี้ Albers (2023) กล่าวว่า การที่พืชจะเจริญเติบโตได้มากน้อยเพียงใดเร็วแค่ไหนขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยสำคัญ คือ พื้นที่ใบที่ได้รับแสง อุณหภูมิที่เหมาะสม และระบบรากที่แข็งแรงซึ่ง 3 ปัจจัยนี้แตกต่างกันตามพันธุ์

จำนวนกิ่งกระโดง

จำนวนกิ่งกระโดงของฝ้ายสายพันธุ์ดีเด่นทั้ง 8 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 1.20-2.67 กิ่ง/ต้น ขณะที่พันธุ์ Dora11 และศรีสำโรง 60 มีกิ่งกระโดง 3.20 และ 3.40 กิ่ง/ต้น ตามลำดับ จำนวนกิ่งกระโดงยิ่งมาก ยิ่งทำให้ฝ้ายมีทรงต้นใหญ่ ทำให้การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูทำได้ยากกว่าพันธุ์ที่มีกิ่งกระโดงน้อย ฝ้ายที่ดีควรมีกิ่งกระโดงเพียง 1-2 กิ่ง (Sebunruang et al., 2021) ทั้งนี้ Ritchie et al. (2007) และ Albers (2023) รายงานทำนองเดียวกันว่า กิ่งกระโดงจะมีลักษณะเหมือนกับลำต้นหลัก และจะเป็นกิ่งที่ใช้สำหรับสร้างกิ่งผล โดยกิ่งกระโดงจะเกิดจากข้อบริเวณโคนต้น โดยปกติตาจากข้อที่จะพัฒนาเป็นกิ่งติดผลกิ่งแรกเป็นตาจากข้อที่ 4-5

จำนวนกิ่งผล

จำนวนกิ่งผลของฝ้ายสายพันธุ์ดีเด่นทั้ง 8 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 12.3-14.6 กิ่ง/ต้น โดยสายพันธุ์ B531 มีจำนวนกิ่งต่อต้นมากที่สุด (14.6 กิ่ง/ต้น) มากกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ ทุกสายพันธุ์ ($P<0.05$) ส่วนสายพันธุ์ดีเด่นอีก 7 สายพันธุ์มีจำนวนกิ่งผล (12.3-13.0 กิ่ง/ต้น) ไม่แตกต่างกับพันธุ์ทดสอบ Dora11 (12.7 กิ่ง/ต้น) และศรีสำโรง 60 (12.9 กิ่ง/ต้น) จำนวนกิ่งผลหากมีมากยิ่งมีโอกาสในการสร้างผลผลิตได้มากขึ้น (Sebunruang et al., 2021) ทั้งนี้ Ritchie et al. (2007) รายงานว่า กิ่งผลจะเจริญเติบโตจากตาข้างบนลำต้นหลัก บริเวณซอกใบเหนือก้านใบหลัก และฝ้ายพันธุ์ที่เยื่อเจริญที่ตาข้าง (axillary meristem) บริเวณซอกใบเจริญพัฒนาได้มาก ก็จะมีโอกาสสร้างกิ่งผลได้มาก ขณะที่ Albers (2023) รายงานว่า ฝ้ายอาจมีกิ่งผล 18-22 กิ่ง/ต้น ซึ่งจะสามารถติดผลได้ 12-16 กิ่ง และผลผลิตส่วนใหญ่จะอยู่ที่ 8-10 กิ่ง ดังนั้นฝ้ายที่ร่วมทดสอบทุกพันธุ์/สายพันธุ์มีจำนวนกิ่งผลในจำนวนที่เหมาะสมระหว่าง 12.3-14.6 กิ่ง/ต้น

น้ำหนัก 100 เมล็ด

น้ำหนัก 100 เมล็ดเป็นตัวบ่งชี้ถึงขนาดเมล็ด จากผลการศึกษา พบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด ในกลุ่มพันธุ์/สายพันธุ์ที่ร่วมทดสอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีน้ำหนักระหว่าง 8.2-13.4 กรัม/100 เมล็ด เฉลี่ย 10.4 กรัม/100 เมล็ด โดยสายพันธุ์ W538 มีขนาดเมล็ดใหญ่ที่สุด (13.4 กรัม/100 เมล็ด) และสายพันธุ์ W534 และ W535 มีขนาดเมล็ดเล็กสุด ขนาดเท่ากัน (8.2 กรัม/100 เมล็ด) (Table 1) โดยที่น้ำหนัก 100 เมล็ด จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ซึ่ง Chapepa et al. (2020) ได้วิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ของฝ้ายในประเทศซิมบับเว พบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ด กล่าวคือ หากน้ำหนัก 100 เมล็ดสูง ย่อมทำให้ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ดสูงตามไปด้วย

จำนวนสมอ

จำนวนสมอของฝ้ายที่ร่วมทดสอบ 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าระหว่าง 51.7-58.3 สมอ/ต้น เฉลี่ย 55.4 สมอ/ต้น โดยที่สายพันธุ์ W535 มีจำนวนสมอมากที่สุด (58.2 สมอ/ต้น) และสายพันธุ B531 และ W536 มีจำนวนสมอน้อยที่สุดเท่ากัน (51.7 สมอ/ต้น) (Table 2) ขณะที่ Dora11 และ SSR60 มีจำนวนสมอเท่ากับ 53.5 และ 57.3 สมอ/ต้น ตามลำดับ ทั้งนี้ Shah and Rasheed (2019) และ Sebunruang et al. (2021) รายงานผลการทดสอบพันธุ์ฝ้ายว่า ฝ้ายพันธุ์ที่พวกเขาและคณะทดสอบ มีจำนวนสมอแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง Chaudhari et al. (2017) และ Damtew et al. (2022) รายงานว่า จำนวนสมอ/ต้นขึ้นอยู่กับศักยภาพทางพันธุกรรมของฝ้ายแต่ละสายพันธุ์

Table 1 Some agronomic traits of natural color cotton elite lines for day to 50% flowering, day to 50% boll opening, plant height, no. of vegetative branch, no. of fruiting branch and 100 seeds weight

Line	Day to 50% flowering (days)	Day to 50% ball opening (days)	Plant height (cm)	No. of vegetative branch	No. of fruiting branch	100 seeds weight (g)
B531	55	114 [a]	154 [abc]	1.80 [cd]	14.6 [a]	12.8 [ab]
G532	55	113 [ab]	164 [a]	1.20 [d]	12.6 [b]	10.4 [bc]
W533	53	108 [bc]	146 [abc]	1.47 [d]	12.5 [b]	9.9 [c]
W534	55	108 [bc]	143 [abc]	1.87 [cd]	12.3 [b]	8.2 [c]
W535	54	107 [c]	149 [abc]	1.80 [cd]	12.9 [b]	8.2 [c]
W536	55	111 [abc]	156 [ab]	2.53 [bc]	13.0 [b]	10.4 [bc]
W537	54	109 [abc]	159 [a]	2.67 [ab]	12.5 [b]	9.6 [c]
W538	55	111 [abc]	139 [bc]	1.60 [d]	12.6 [b]	13.4 [a]
Dora11	53	109 [abc]	155 [ab]	3.20 [ab]	12.7 [b]	10.7 [bc]
SSR60	54	111 [abc]	135 [c]	3.40 [a]	12.9 [b]	10.0 [c]
Mean	54	110	150	2.15	12.9	10.4
C.V. (%)	1.76	2.45	6.99	19.48	5.82	14.33
F-test	ns	*	*	**	*	*

In a column, mean followed by the same letter were non-significantly different by DMRT

*, ** = Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

ns = Non – significant difference

น้ำหนักสมอ

น้ำหนักสมอของฝ้ายที่ร่วมทดสอบ 10 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีน้ำหนักสมอระหว่าง 4.28-5.67 กรัม/สมอ โดยสายพันธุ์ G532 มีน้ำหนักสมอน้อยที่สุด (4.28 กรัม/สมอ) และศรีสำโรง 60 มีน้ำหนักสมอมากที่สุด (5.71 กรัม/สมอ) (Table 2) โดยสมอใช้เวลาตั้งแต่ผสมเกสรถึงเจริญเติบโตเต็มที่ 3 สัปดาห์ และใช้เวลา 4-5 สัปดาห์ จึงจะสุกแก่ (Advancing Cotton Education, 2024) ซึ่งในระยะการเจริญพัฒนาของสมอนี้หากได้รับโพแทสเซียมไม่เพียงพออาจส่งผลต่อขนาดสมอ ขนาดเมล็ด และความยาวเส้นใยได้ (Albers, 2023; Advancing Cotton Education, 2024) และฝ้ายที่ให้จำนวนสมอต่ำ สมอมักมีขนาดใหญ่ เนื่องจากได้รับ

สารอาหารจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบไปเลี้ยงสมออย่างพอเพียง หรือมากกว่าต้นที่มีจำนวนสมอมากกว่า (Sebunruang et al., 2021) โดยความแตกต่างของน้ำหนักสมอระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์เป็นผลมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรม (Ahsan et al., 2015; Farooq et al., 2017)

ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ด

ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ดของฝ้ายที่ร่วมทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ให้ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ดระหว่าง 194-262 กิโลกรัม/ไร่ โดยสายพันธุ์ G532 ซึ่งเป็นฝ้ายเส้นใยสีเขียวให้ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ดสูงที่สุด (262 กิโลกรัม/ไร่) รองลงมาคือ สายพันธุ์ W535, W536 และ W537 ให้ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ดใกล้เคียงกัน 259-261 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ให้ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ดต่ำสุด 194 กิโลกรัม/ไร่ (Table 2) ขณะที่พันธุ์ Dora11 ให้ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ด 244 กิโลกรัม/ไร่ และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Damtew et al. (2022) ที่รายงานผลการทดลองว่าผลผลิตฝ้ายมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย Premalatha et al. (2020) รายงานว่าผลผลิตฝ้ายที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

Table 2 Yield and yield components for no. of boll, boll weight, seed cotton yield, lint yield and ginning out turn

Line	No. of boll/plant	Boll weight (g)	Seed cotton yield (kg/rai)	Lint yield (kg/rai)	Ginning outturn (%)
B531	51.7	4.71 ^{bc}	222 ^{abc}	70 ^{c}	31.4 ^{bc}
G532	57.7	4.28 ^{c}	262 ^{a}	81 ^{abc}	30.9 ^{c}
W533	54.5	5.67 ^{ab}	250 ^{ab}	87 ^{abc}	34.2 ^{abc}
W534	53.8	4.76 ^{abc}	209 ^{bc}	82 ^{abc}	39.0 ^{abc}
W535	58.2	4.32 ^{c}	261 ^{a}	108 ^{a}	41.2 ^{a}
W536	51.7	4.86 ^{abc}	261 ^{a}	103 ^{ab}	39.4 ^{abc}
W537	58.3	4.80 ^{abc}	259 ^{a}	105 ^{ab}	40.4 ^{abc}
W538	56.9	5.45 ^{ab}	226 ^{abc}	94 ^{abc}	41.9 ^{a}
Dora11	53.5	5.47 ^{ab}	244 ^{ab}	93 ^{abc}	38.2 ^{abc}
SSR60	57.3	5.71 ^{a}	194 ^{c}	80 ^{bc}	41.1 ^{ab}
Mean	55.4	5.00	239	90	37.8
C.V. (%)	13.65	10.32	9.89	15.17	9.67
F-test	ns	*	*	*	**

In a column, mean followed by the same letter were non-significantly different by DMRT

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

ns = Non – significant difference

ผลผลิตปุยฝ้าย

ผลผลิตปุยฝ้ายหรือเส้นใยฝ้ายหลังแยกเมล็ดออกจากปุยของฝ้ายที่ร่วมทดสอบ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยสายพันธุ์ W535, W537 และ W536 ให้ผลผลิตปุยฝ้ายมากที่สุด 3 อันดับแรกมีค่าเท่ากับ 108, 105 และ 103 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และ สายพันธุ์ B531 ให้ผลผลิตปุยฝ้ายน้อยที่สุด (69.5 กิโลกรัม/ไร่) (Table 2) ขณะที่พันธุ์ตรวจสอบ Dora11 และศรีสำโรง 60 ให้ผลผลิตปุยฝ้าย 93.0 และ 79.8 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nikhil et al. (2018); Shah and Rasheed (2019); Premalatha et al. (2020); และ Damtew et al. (2022) ที่มีการรายงานว่า ผลผลิตเส้นใยฝ้ายแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งโดยปกติ

แล้วเส้นใยจะเจริญเติบโตเต็มที่ใช้เวลา 25 วันหลังผสมเกสร และสมอฝ้ายจะเจริญเติบโตเร็วที่สุดช่วง 10-15 วันหลังการผสมเกสร และเส้นใยจะเริ่มหนาขึ้นหลังจากการผสมเกสรแล้ว 16 วันเป็นต้นไป (Advancing Cotton Education, 2024) และ Ritchie et al. (2007) รายงานว่า การสร้างเส้นใยฝ้าย ซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลส จะมีความไวต่อสภาพแวดล้อม ได้แก่ น้ำ อุณหภูมิ และธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม

เปอร์เซ็นต์ปุย

เปอร์เซ็นต์ปุยหรือเปอร์เซ็นต์หีบเส้นใยของฝ้ายที่ร่วมทดสอบพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) มีเปอร์เซ็นต์ปุยระหว่าง 30.9-41.9% โดยสายพันธุ์ G532 มีเปอร์เซ็นต์ปุยน้อยที่สุด (30.9%) และสายพันธุ์ W538 มีเปอร์เซ็นต์ปุยมากที่สุด (41.9%) ในขณะที่พันธุ์ตรวจสอบ Dora11 และศรีสำโรง 60 มีเปอร์เซ็นต์ปุย 38.2% และ 38.1% ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nikhil et al. (2018); Premalatha et al. (2020); Shah and Rasheed (2019) และ Damtew et al. (2022) รายงานว่า ผลผลิตเส้นใยฝ้ายแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สรุปผลการศึกษา

ฝ้ายสายพันธุ์ W535, W536 และ W537 เป็นสายพันธุ์ฝ้ายปรับปรุงใหม่ 3 สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตปุยฝ้ายติดเมล็ด (seed cotton yield) สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ Dora11 และศรีสำโรง60 เท่ากับ 261, 261, 259, 244 และ 194 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และให้ผลผลิตปุย (fiber yield or lint yield) สูงกว่าพันธุ์ Dora11 และศรีสำโรง60 เท่ากับ 107.6, 102.7, 105.0, 93.0 และ 79.8 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งฝ้ายทั้ง 3 สายพันธุ์สามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก และเป็นการสนับสนุนให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฝ้ายของกลุ่มทอผ้าและงานหัตถกรรม มีความเป็นไปได้มากยิ่งขึ้นโดยเกษตรกรจะสามารถปลูกฝ้ายสีธรรมชาติและนำไปทำผลิตภัณฑ์ได้อย่างครบวงจร

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้งบอุดหนุนการวิจัยอย่างต่อเนื่อง และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: อำไพ พรหมณเรศ, แสงแข น้าวานิช. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: ณัฐณิชาสิทธิเดช, ถวิล นิลพยัคฆ์. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล: อำไพ พรหมณเรศ, ณัฐณิชา สิทธิเดช. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดงการเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: อำไพ พรหมณเรศ. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: อำไพ พรหมณเรศ. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และ ครุภัณฑ์: อำไพ พรหมณเรศ.

เอกสารอ้างอิง

Advancing Cotton Education. (2024). **Growth and Development of a Cotton Plant.** Retrieved from: https://www.cotton.org/tech/ace/growth-and-development.cfm/

Ahsan, M. Z., Laghari, M. A., Bhutto, H., Soomro, A. W., Majidano, M. S., & Malik, T. H. (2015). Genetic variability in different biometric traits of upland cotton genotype. **International Journal of Biology and Biotechnology**, 12(4), 607-612.

Albers, D. W. (2023). **Cotton Plant Development and Plant Mapping**. Retrieved from: https://extension.missouri.edu/publications/g4268

Chaudhari, M. N., Faldu, G. O., & Ramani, H. R. (2017). Genetic variability correlation and path coefficient analysis in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Advances in Bioresearch**, 8(6), 226-233.

Chapepa, B., Mubvekeri, W., Mare, M., & Kutywayo, D. (2020). Correlation and path coefficient analysis of polygenic traits of upland cotton genotypes grown in Zimbabwe. **Cogent Food & Agriculture**, 6(1), 1823594. https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1823594

Damtew, S., Gurmessa, D., Balcha, M., Egziabher, A. G., Gudeta, B., Workie, A., & Arega, M. (2022). Performance of cotton genotypes (*Gossypium hersutum* L.) for yield component traits under irrigated climatic conditions of Ethiopia. **African Journal of Plant Science**, 16(10), 270-275.

Department of Agriculture. (2017). **Plant Species and Plant Germplasm Database: Cotton Variety DA, Takfa 7**. Retrieved from: https://doaplant.doa.go.th/RecFront/PlantDetail/430. (in Thai).

Field and Renewable Energy Crops Research Institute. (2020). **Guidance Document: Cotton Growing Technology**. Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture. (in Thai).

Farooq, J., Rizwan, M., Sharif, I., Chohan, S. S., & Kainth, R. (2017). Genetic diversity studies in some advanced lines of *Gossypium hersutum* L. for yield and quality related attributes using cluster and principal component analysis. **Advances in Agriculture and Botanics**, 9(3), 111-118.

IndexMundi. (2024). **Cotton Yield by Country in KG/HA**. Retrieved from: https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=cotton&graph=yield

International Rice Research Institute. (2014). **Statistical Tool for Agricultural Research**. Biometrics and Breeding Informatics, Plant Breeding, Genetics and Biotechnology Division, International Rice Research Institute.

Ittharat, C. (1993). History and importance. In Chan-on, J., Phetchaburanin, C., & Chanboonmee, K. (Eds.), **Academic Documents on Cotton**, pp. 1-5. Field Crops Research Institute, Department of Agriculture. (in Thai).

Ittharat, C., & Phothithaen, N. (2023). **Thai Encyclopedia for Youth Volume 3: Cotton**. Retrieved from: https://www.saranukromthai.or.th/Ebook/BOOK3/pdf/book3_3.pdf. (in Thai).

Nikhil, P. G., Nidagundi, J. M., & Anusha, H. A. (2018). Genetic variability and heritability studies for seed cotton yield, yield attributing and fiber quality traits in upland cotton (*Gossypium hersutum* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 7(5), 1639-1642.

Premalatha, N., Mahalingam, L., Kumar, M., & Rajeswari, S. (2020). Genetic variability studies in *Gossypium hersutum* L. genotype for seed cotton yield and its yield components. **International Journal of Current Microbiology and Applied Science**, 9(6), 1-12.

Ritchie, G. L., Bednarz, C. W., Jost, P. H., & Brown, S. M. (2007). **Cotton Growth and Development**. Retrieved from: http://cotton.tamu.edu/General%20Production/Georgia%20Cotton%20Growth%20and%20Development%20B1252-1.pdf

Sebunruang, P., Yodchompoo, W., Lapbanjob, S., & Punturee, P. (2020a). **Cotton Selection and Improvement for Green Fiber and Pest Tolerance (Research Report 2019)**. Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture. (in Thai).

Sebunruang, P., Kansook, T., & Phuengsuk, K. (2020b). **Preliminary Trial: Color Fiber Cotton for Pest Tolerance (Research Report 2019)**. Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture. (in Thai).

Sebunruang, P., Kansook, T., & Nualsri, W. (2021). **Preliminary Trial: Green Fiber and Pest Tolerance Cotton (Research Report 2020)**. Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture. (in Thai).

Shah, M. A., & Rasheed, S. M. (2019). Evaluation of different cotton varieties for yield performance collected from public sector. **International Journal of Agricultural and Environmental Research**, 5(4), 227-233.

การศึกษาเบื้องต้นเพื่อใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการเพาะเส้นใยเห็ดฟาง

A Preliminary Study of Using Agricultural Wastes for Straw Mushroom Mycelium Production

ณัฐวุฒิ รุ่งจินดามัย[1*], วริศรา บุญลาภงามมณี[1], วรัญญา ครุธพันธ์[1] และพัชรนันท์ เลากลาง[1]
Nattawut Rungjindamai[1*], Warissara Boonlapngammanee[1], Varanya Krutpan[1] and Patcharanun Laowlang[1]

Received date: 14 ก.พ. 68 Revised date: 28 เม.ย. 68 Accepted date: 8 พ.ค. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.266277

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการเผาเพื่อกำจัดและทำลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 5 ชนิด เพื่อนำมาเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดฟาง ประกอบด้วย ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด ชานอ้อย แกลบ และกากกาแฟ โดยเริ่มจากการแยกเชื้อเห็ดฟาง จากดอกเห็ดสด เพื่อให้ได้เชื้อเห็ดบริสุทธิ์ และนำไปใช้เป็นหัวเชื้อตั้งต้นในการศึกษา หลังจากนั้นเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดฟางลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 5 ชนิด แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 6 วัน เมื่อครบเวลาจึงวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเห็ดฟาง สำหรับวัสดุทั้ง 5 ชนิด พบว่าเส้นใยเห็ดฟางเจริญได้ดีที่สุดบนอาหารสูตรที่ผสมฟางข้าวและเปลือกข้าวโพด จึงคัดเลือกวัสดุทั้งสองชนิดนี้เพื่อนำไปทดสอบเพาะเลี้ยงเส้นใยของเห็ดฟางในขวดโหลแก้ว โดยแบ่งเป็น 3 กรรมวิธี ได้แก่ (1) เปลือกข้าวโพด (2) ฟางข้าว และ (3) ฟางข้าวผสมเปลือกข้าวโพด (อัตราส่วน 1:1) โดยเลี้ยงเส้นใยเห็ดฟางในวัสดุต่างๆ แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ บันทึกผลความหนาแน่นของการสร้างเส้นใยบนวัสดุ พบว่าเส้นใยของเห็ดฟางไม่สามารถเจริญบนวัสดุเพาะเปลือกข้าวโพดได้ แต่สามารถเจริญบนวัสดุเพาะฟางข้าวได้ และพบว่าเส้นใยของเห็ดฟางเจริญบนวัสดุเพาะฟางข้าวผสมเปลือกข้าวโพดได้ดีที่สุด สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่าเปลือกข้าวโพดมีศักยภาพในการใช้เพื่อเป็นทางเลือกในการนำมาเป็นส่วนผสมกับฟางข้าวเพื่อใช้เป็นวัสดุเพาะเลี้ยงเห็ดฟางได้

คำสำคัญ: เห็ดฟาง วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เปลือกข้าวโพด เห็ดกินได้

Abstract

Nowadays after crops are harvested, majority of farmers tend to burn their fields to get rid of agricultural waste which causes toxic air pollution to humans and environments. The objective of this research was to screen five agricultural wastes for their capability for mushroom mycelium cultivation. These five substrates consist of rice straw, corn husk, sugarcane baggage, rice husk and coffee ground. The straw mushroom was isolated from fresh basidiocarp into a pure culture, and it was used as an inoculum in this study. The mushroom mycelium was cultured on agar media containing each type of agricultural wastes and incubated at 25°C for 6 days. Colony diameters of the mushroom growing on the surface of the media were measured. The results show that the straw mushroom grew best on the medium containing rice straw and corn husk. Therefore, these two substrates were selected for further study on mushroom cultivation in a jar experiment. There were three treatments including (1) corn husk, (2) rice straw, and (3) a combination of rice straw and corn husk (ratio 1:1). The jars were incubated at 25°C for 8 weeks. The density of mushroom mycelia was observed and recorded. The results show that the straw mushroom did not grow on corn husk, but it grew well on rice straw. In the meantime, this mushroom grew best on a combination of rice straw and corn husk. In conclusion, corn husk has potential to be used as an alternative material for mushroom cultivation and it should be used in combination with rice straw.

Keywords: rice straw mushroom, agricultural waste, corn husk, edible mushroom

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผลิตผลทางการเกษตรในทุกภูมิภาคทั่วประเทศ ดังนั้นจึงมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเกิดขึ้นมากตามไปด้วย ในหลายประเทศทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย วัสดุดังกล่าวมักถูกนำไปเผาทำลาย ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลเสียต่อคนที่พักอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียง (Lan et al., 2022) แนวคิดของการวิจัยในครั้งนี้คือการลดการเผาทำลายวัสดุ

[1] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
[1] Department of Biology, School of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520
*Corresponding author: nattawut.ru@kmitl.ac.th

เหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อลดมลพิษและพัฒนาสภาพแวดล้อมที่ดียิ่งขึ้น โดยนำวัสดุมาใช้ในการเพาะเห็ด โดยเลือกศึกษาวัสดุที่พบได้ทั่วไปในท้องถิ่น ได้แก่ ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด ชานอ้อย แกลบ และกากกาแฟ ซึ่งวัสดุต่างๆ เหล่านี้ บางครั้งมักถูกทิ้งเป็นขยะไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ มีการศึกษาถึงประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 5 ชนิดนี้เพื่อนำมาเพาะเห็ดได้หลากหลายชนิด ยกตัวอย่างเช่น สามารถใช้ในการเพาะเห็ดนางรม (*Pleurotus* mushroom) (De et al., 2023; Kohphaisansombat et al., 2023; Rashid et al., 2020) และการเพาะเห็ดหลินจือ (*Ganoderma* mushroom) (Rashad et al., 2019; Ueitele et al., 2014) เป็นต้น

เห็ดเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ได้รับความนิยมในการเพาะปลูก เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตไม่สูง และสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี นอกจากนี้ยังพบว่าเห็ดมีสารอาหารมากมายหลายชนิด มีคุณค่าต่อร่างกาย เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากในแต่ละปี มีการผลิตเห็ดฟาง ออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ.2562 พบว่ามีการเพาะเลี้ยงเห็ดฟางใน 30 จังหวัด มีผลผลิตรวมทั่วประเทศ 2,002 ตัน แบะมีราคาขาย 58.37 บาท/กิโลกรัม (Department of Agricultural Extension, 2020) การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกศึกษาเห็ดฟาง เนื่องจากเป็นเห็ดที่ได้รับความนิยมในการเพาะปลูก เห็ดฟางเจริญเติบโตง่าย เห็ดฟางใช้สารอาหารพื้นฐาน ใช้ระยะเวลาตั้งแต่เตรียมวัสดุเพาะปลูกจนถึงสามารถเก็บเกี่ยวดอกเห็ดได้ เพียง 45 วัน (Thuc et al., 2020) สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายชนิด และเป็นเห็ดที่มีสารอาหารสูง ประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นไยอาหาร วิตามิน ธาตุแคลเซียม และธาตุเหล็ก เป็นต้น แต่ว่ามีปริมาณไขมันต่ำ ถือเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสำหรับอาหารสุขภาพ (Wang et al., 2018) โดยทั่วไปเกษตรกรนิยมใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบหลักเพื่อผลิตเห็ดฟาง เนื่องจากเห็ดชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตบนฟางได้อย่างรวดเร็ว

นอกจากฟางข้าว ยังมีการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุเพาะเลี้ยงเห็ดฟางได้เช่นเดียวกัน เช่น ชานอ้อย ทะลายปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพด กากใยฝ้าย ผักตบชวา ใบตอง เป็นต้น (Mary et al., 2003; Sakinah et al., 2019; Thiribhuvanamala et al., 2016) แสดงให้เห็นว่าเห็ดฟางเป็นเห็ดที่มีความสามารถในการปรับตัวเพื่อเจริญเติบโตบนวัสดุเพาะเลี้ยงได้หลายชนิด วัตถุประสงค์ในการศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุชนิดอื่นๆ เพื่อเป็นส่วนผสมหลักลงในวัสดุเพาะเห็ดฟาง เพื่อลดต้นทุนการผลิต และยังเพิ่มทางเลือกในการเพาะเลี้ยงเห็ดฟางให้กับเกษตรกร

วิธีการศึกษา

หัวเชื้อเห็ด

เก็บตัวอย่างเห็ดฟางสด จากตลาดไร่วนาสิทธิ์ จังหวัดชลบุรี โดยคัดเลือกเฉพาะดอกเห็ดที่มีลักษณะดอกตูม คล้ายหยดน้ำ ตัวอย่างเห็ดที่นำมาแยกเชื้ออยู่ในระยะกระดุม นำมาแยกด้วยวิธีปลอดเชื้อ (aseptic technique) ใช้ใบมีดผ่าตัดจุ่มแอลกอฮอล์ 95% นำไปฆ่าเชื้อด้วยเปลไฟ จนกระทั่งรอให้เย็น แล้วผ่าตรงกลางของดอกเห็ด แล้วใช้ใบมีดตัดเส้นใยบริเวณก้านดอก (stalk) ขนาด 0.5x0.5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น แล้วนำไปวางบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ในภาชนะเดียวกัน ที่อยู่ในจานเพาะเชื้อ Petri Dish จากนั้นบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25°C นาน 3 วัน เมื่อเส้นใยของเห็ดฟางเจริญบนอาหาร PDA จนเต็มจานอาหาร ให้ทำการถ่ายเชื้อเห็ดฟาง ทำโดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อรา (hook) เพื่อเกี่ยวเส้นใยเห็ดที่บริเวณขอบของโคโลนี แล้วนำไปวางบนอาหาร PDA จานใหม่ เมื่อได้เชื้อเห็ดฟางบริสุทธิ์ทำการเก็บรักษาบนอาหาร PDA slant โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C

การเจริญของเห็ดฟางบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การเตรียมวัสดุและอาหารเลี้ยงเชื้อ

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ศึกษาในครั้งนี้มีจำนวนทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ กากกาแฟ แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย และเปลือกข้าวโพด (Figure 1) นำวัสดุทั้งหมดมาอบแห้ง ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C นาน 1 วัน เมื่อตัวอย่างแห้งเป็นที่เรียบร้อย นำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด เพื่อให้เป็นผงละเอียด ชั่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่อยู่ในรูปผงจำนวน 5 กรัม เติมวุ้นปริมาตร 1.5 กรัม และเติมน้ำ 100 มล. เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C นาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา รอให้อาหารเย็นลง แล้วเทลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ รอให้แข็งตัว แล้วนำไปใช้ในการศึกษาการเจริญ โดยเปรียบเทียบกับอาหารมาตรฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อราจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ อาหาร potato dextrose agar (PDA), malt extract agar (MEA) และ water agar (WA)

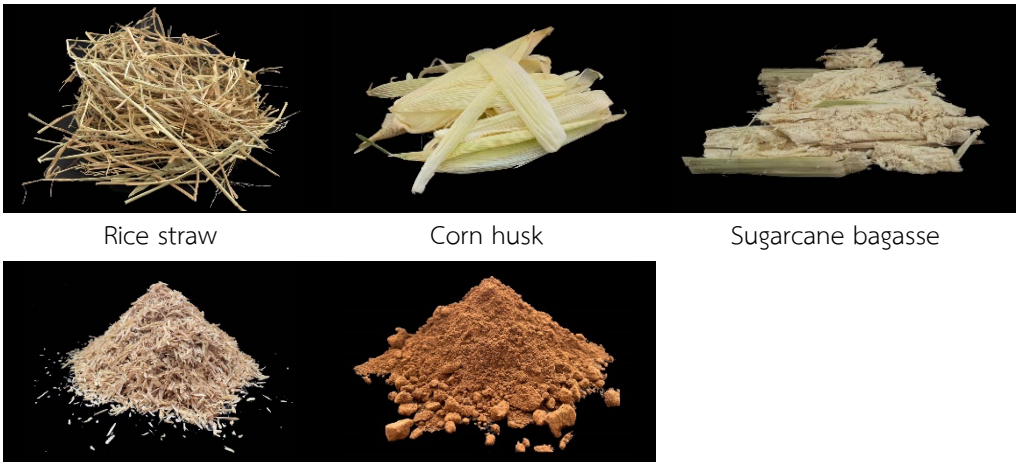


Figure 1 Five types of agricultural wastes were used in this study.

ทำการถ่ายเชื้อเห็ดด้วยการใช้ Cork borer หมายเลข 1 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม.) เจาะเส้นใยของเห็ดบนอาหาร PDA โดยเจาะเส้นใยเห็ดที่กำลังเจริญซึ่งอยู่บริเวณขอบของโคโลนี (margin of fungal colony) แล้วนำไปวางบริเวณกึ่งกลางของจานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 8 ชนิด โดยกดเบาๆ เพื่อให้เส้นใยของเห็ดแนบไปกับหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ แต่ละกรรมวิธีดำเนินการจำนวน 5 ซ้ำ (5 จานอาหารเลี้ยงเชื้อ) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 6 วัน เมื่อครบเวลาทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเห็ดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ในวันที่ 6 หลังจากการบ่ม เพื่อเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อในแต่ละกรรมวิธี

การเจริญของเส้นใยของเห็ดฟางในขวดแก้ว

เตรียมตัวอย่างฟางข้าว และเปลือกข้าวโพด ด้วยการทำแห้งที่ 60°C นาน 24 ชั่วโมง แล้วตัดเป็นชิ้นขนาดยาว 1 ซม. แบ่งการทดลองเป็น 3 กรรมวิธี ได้แก่ (1) ฟางข้าว (2) เปลือกข้าวโพด และ (3) ฟางข้าวผสมเปลือกข้าวโพด (อัตราส่วน 1:1) ชั่งน้ำหนักวัสดุ 10 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 500 มล. แล้วเติมอาหาร potato dextrose broth (PDB) ปริมาตร 30 มล. ลงไป เพื่อเป็นอาหารพื้นฐานช่วยในการเจริญในช่วงเริ่มต้นของเส้นใยเห็ด ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับวัสดุทางการเกษตร นำไปฆ่าเชื้อด้วย autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา รอให้เย็นลง แล้วนำไปใช้เลี้ยงเชื้อเห็ดด้วยด้วยวิธีปลอดเชื้อ โดยการใช้ใบมีดผ่าตัดจุ่มแอลกอฮอล์ 95% ฆ่าเชื้อด้วยเปลวไฟ ตัดเส้นใยเห็ดฟางที่กำลังเจริญบนอาหาร PDA ให้เป็นชิ้นขนาด 0.5x0.5 ซม. แล้วใส่ชิ้นเส้นใยลงในโหลแก้ว จำนวน 5 ชิ้น/โหล สำหรับชุดควบคุม ใช้เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ประกอบด้วยฟางข้าว เปลือกข้าวโพด และฟางข้าวผสมเปลือกข้าวโพด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อครบเวลานำมาบันทึกผล โดยเปรียบเทียบความสามารถการเจริญของเส้นใย และถ่ายภาพบันทึกผลถึงการเจริญของเส้นใยเห็ด

ผลการศึกษาและวิจารณ์

เมื่อเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดฟางบนอาหารเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการ โดยเพาะเลี้ยงบนอาหาร 8 ชนิด ประกอบด้วยอาหารที่ผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 5 ชนิด และอาหารเลี้ยงเชื้อราพื้นฐาน 3 ชนิด พบว่าเส้นใยเห็ดฟางสามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิด แต่การเจริญบนอาหารมาตรฐาน 3 ชนิดมีลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดฟางบนอาหาร PDA และ MEA พบว่าเส้นใยของเห็ดเจริญอย่างรวดเร็วและสร้างเส้นใยหนาแน่น โดยมีขนาดของโคโลนีเท่ากับ 8.24 และ 8.23 ซม. ตามลำดับ สำหรับเส้นใยของเห็ดฟางที่เลี้ยงบนอาหาร WA เจริญได้ไม่ดีนัก สร้างเส้นใยได้แบบไม่หนาแน่น เนื่องจากมีสารอาหารเพียงเล็กน้อย โดยมีขนาดโคโลนีเท่ากับ 7.91 ซม. (Figure 2)

การเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดฟางบนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวน 5 ชนิดพบว่า เส้นใยของเห็ดฟางสามารถเจริญบนวัสดุฟางข้าวได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 7.93 ซม. รองลงมาได้แก่ เปลือกข้าวโพด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 7.13 ซม. และเส้นใยของเห็ดฟางเจริญได้ในระดับปานกลางเมื่อเพาะเลี้ยงบนชานอ้อยและแกลบ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากันที่ 6.97 ซม. แต่เส้นใยของเห็ดฟางเจริญบนกากกาแฟได้น้อยที่สุด โดยโคโลนีของเส้นใยมีขนาดเล็กที่สุดเท่ากับ 6.13 ซม. จากผลการศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้งหมด 5 ชนิด มาเป็นส่วนผสมหลักสำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าเส้นใยของเห็ดฟางเจริญบนฟางข้าวและเปลือกข้าวโพดได้ดีที่สุด จึงทำการคัดเลือกวัสดุ 2 ชนิดนี้เพื่อนำไปศึกษาเพิ่มเติม โดยการ

นำไปศึกษาเป็นวัสดุเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดฟางในขวดโหลแก้ว เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างเส้นใยในสภาวะห้องปฏิบัติการต่อไป

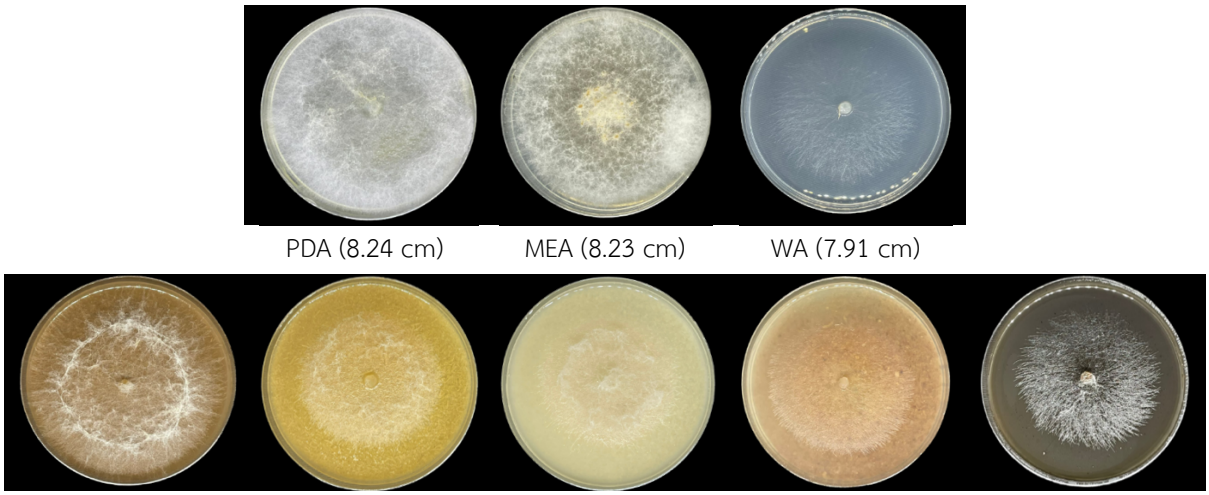


Figure 2 Colony diameter and appearance of *V. volvacea* mycelium growing on 8 types of media incubated at 25°C for 6 days.

Mohammed et al. (2021) รายงานว่าสามารถนำกากกาแฟมาเพาะเลี้ยงเห็ดนางรมได้ แต่สารคาเฟอีนในกากกาแฟนั้นมีผลลบต่อการเจริญของเห็ดนางรม ถ้าหากกากกาแฟมีสารคาเฟอีนสูงขึ้น จะทำให้เห็ดนางรมเจริญได้น้อยลง (Fan et al., 2006) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเส้นใยของเห็ดฟางเจริญได้ไม่ดีเช่นเดียวกันเมื่อเพาะเลี้ยงบนกากกาแฟ ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากปริมาณของสารคาเฟอีนที่ยังหลงเหลืออยู่ในกากกาแฟ ดังนั้นหากต้องการนำกากกาแฟมาเพาะเลี้ยงเห็ด ควรทำการสกัดหรือเจือจางสารคาเฟอีนให้อยู่ในระดับต่ำและเหมาะสมก่อนนำมาใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยของเห็ดฟาง เพื่อลดผลกระทบเพื่อไม่ให้มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเห็ด

การเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดฟางในขวดแก้ว

เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดฟางในขวดโหลแก้ว โดยใช้วัสดุเพาะ 3 กรรมวิธี ได้แก่ (1) เปลือกข้าวโพด (2) ฟางข้าว และ (3) เปลือกข้าวโพดผสมฟางข้าว โดยมีชุดควบคุมคือชุดวัสดุที่ไม่ใส่หัวเชื้อเห็ดฟาง เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สำหรับชุดควบคุม พบว่า เมื่อผ่านไป 8 สัปดาห์ วัสดุยังคงมีสภาพเดิม มิได้มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ (Table 1 และ Figure 3) สำหรับกรรมวิธีทดลองที่มีการเพาะเส้นใยเห็ดฟาง หลังจาก 8 สัปดาห์ พบว่าเส้นใยของเห็ดฟางไม่สามารถเจริญบนเปลือกข้าวโพดได้เลย บนวัสดุฟางข้าวพบว่าเส้นใยเห็ดฟางสามารถเจริญได้เป็นอย่างดี โดยเส้นใยส่วนใหญ่เจริญอยู่บริเวณด้านบนของวัสดุฟางข้าว เมื่อเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดฟางในวัสดุผสมระหว่างฟางข้าวและเปลือกข้าวโพด พบว่าเส้นใยเห็ดฟางเจริญได้มากขึ้น โดยสามารถสร้างเส้นใยหนาแน่นบริเวณผิวหน้าของวัสดุ และสังเกตุเห็นเส้นใยเจริญลงไปส่วนล่างวัสดุอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าเส้นใยเห็ดเจริญได้อย่างรวดเร็ว (Figure 4) ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Adedokun and Akuma (2013) ซึ่งศึกษาการเพาะเลี้ยงเห็ดฟางบนวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกข้าวโพด ใบตอง เศษผ้าฝ้าย พบว่า เห็ดฟางเจริญเติบโตและสร้างดอกเห็ดได้มากที่สุดบนเปลือกข้าวโพด นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกข้าวโพดมีคุณสมบัติที่ดีสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพาะเลี้ยงเห็ดชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น เห็ดนางรม (Adjapong et al., 2015) และเห็ดหอม (Xu et al., 2020) เป็นต้น เหตุผลที่เห็ดฟางเจริญได้ดีในฟางข้าวและเปลือกข้าวโพด เนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีโครงสร้างหลักประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส จากงานวิจัยของ Cai et al. (1994) เห็ดฟางเป็นเห็ดที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส และเฮมิเซลลูเลสได้หลายชนิด จึงทำให้สามารถย่อยฟางข้าวและเปลือกข้าวโพดได้เป็นอย่างดี

ความเป็นไปได้ที่เส้นใยเห็ดฟางไม่สามารถเจริญพบเปลือกข้าวโพด อาจเกิดจากในขั้นตอนการเตรียมวัสดุเพาะเห็ดในขวดแก้ว เปลือกข้าวโพดถูกตัดเป็นชิ้น มีขนาดใหญ่ แต่ไม่ได้ถูกบดจนละเอียด ทำให้เปลือกข้าวโพดมีพื้นที่ผิวน้อย ดังนั้นเส้นใยของเห็ดฟางจึงเจริญเติบโตได้ยาก และนอกจากนี้เปลือกข้าวโพดยังมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้น้อยกว่าฟางข้าว ทำให้เปลือกข้าวโพด

แห้งกว่าฟางข้าว ตัวอย่างจึงมีความชื้นน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bellettini et al. (2019) ที่พบว่าพื้นที่ผิวของวัสดุเพาะและความชื้น เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งต่อการเจริญของเส้นใยเห็ด ในงานวิจัยครั้งนี้เมื่อเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดฟางในวัสดุเพาะที่ผสมระหว่างฟางข้าวและเปลือกข้าวโพด แล้วพบว่าเส้นใยเห็ดเจริญเติบโตได้ดีกว่า อาจเนื่องจากระยะแรกเส้นใยเห็ดฟางเจริญด้วยการใช้อาหารจากฟางข้าวก่อน ซึ่งมีพื้นที่ผิวมากกว่าและมีความชื้นสูงกว่า จนเมื่อเห็ดฟางสร้างเส้นใยบนวัสดุเพาะจนหนาแน่น หลังจากนั้นจึงสร้างเส้นใยเพิ่มเติมจากการใช้สารอาหารจากเปลือกข้าวโพดได้ในภายหลัง

โดยทั่วไปนิยมเพาะเห็ดฟางบนกองฟางเป็นหลัก เนื่องจากเห็ดชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดีบนฟางข้าว (Thuc et al., 2020) ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่อนำเปลือกข้าวโพดผสมกับฟางข้าว ในอัตราส่วนที่เท่ากัน (1:1) นั้น ช่วยทำให้เกิดการสร้างเส้นใยของเห็ดฟางหนาแน่นมากขึ้น ได้ผลดีกว่าการใช้ฟางข้าวเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ahlawat et al. (2011) ที่รายงานว่าเมื่อใช้ฟางข้าวผสมเศษฝ้ายในอัตราส่วนเท่ากัน เป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง ทำให้ได้ผลผลิตเป็นจำนวนมาก ผลการศึกษาครั้งนี้ช่วยส่งเสริมให้เกษตรกรมีทางเลือกมากขึ้นในการนำวัสดุเหลือใช้ชนิดอื่นๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่น ตัวอย่างเช่น วัสดุเปลือกข้าวโพด เพื่อผสมกับฟางข้าวแล้วใช้เพาะเลี้ยงเห็ดเพื่อให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด

Table 1 Mycelial growth of *V. volvacea* on agricultural waste in a jar condition.

Treatment	(1) Corn husk	(2) Rice straw	(3) Corn husk + Rice straw
Control	-	-	-
Cultivation with mushroom	-	+++	+++++

+ = mycelial growth of the mushroom

Figure 3 Control treatment of corn husk and rice straw without cultivating straw mushroom mycelium.

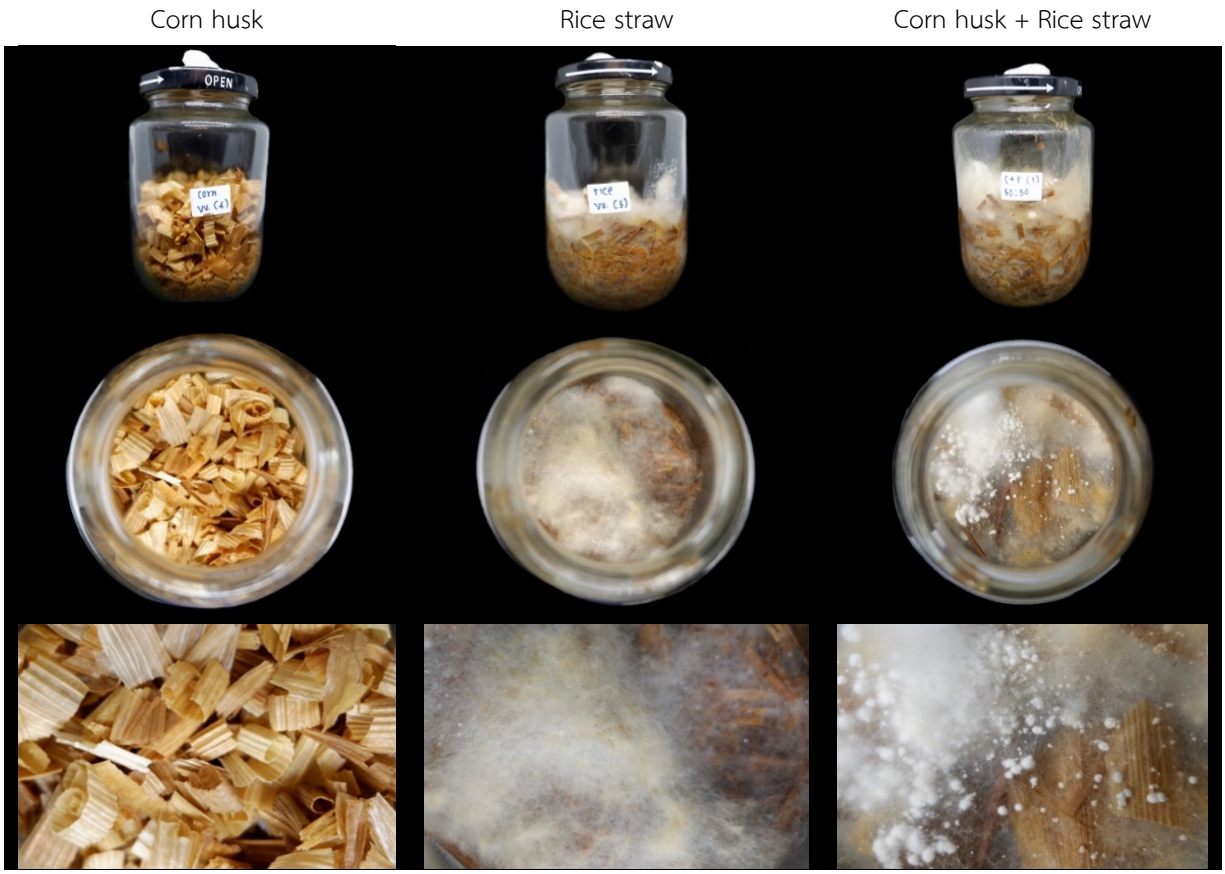


Figure 4 Mycelial growth of straw mushroom (*V. volvacea*) when it was cultivated in corn husk and rice straw in a jar condition incubated at 25°C for 8 weeks.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร 5 ชนิด เพื่อเป็นวัสดุหลักในอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่า ฟางข้าวและเปลือกข้าวโพดเหมาะสมสำหรับการเจริญของเส้นใยเห็ดฟาง เมื่อทดสอบการเจริญเส้นใยของเห็ดฟางในขวดแก้ว พบว่าเส้นใยไม่สามารถเจริญบนวัสดุเพาะเปลือกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว แต่เมื่อนำเปลือกข้าวโพดผสมกับฟางข้าวในอัตราส่วน 1:1 ส่งเสริมการสร้างเส้นใยของเห็ดฟางได้มากขึ้นและดีกว่าการใช้ฟางข้าวเพียงอย่างเดียว งานวิจัยครั้งนี้เพิ่มองค์ความรู้พื้นฐานถึงการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อนำมาเพาะเลี้ยงเห็ดฟาง ซึ่งควรนำไปศึกษาต่อยอด สำหรับการเพาะเลี้ยงในระดับโรงเรือนต่อไป

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: ณัฐวุฒิ รุ่งจินดามัย, ริศรา บุญลาภงามมณี, วรัญญา ครุธพันธ์ และพัชรนันท์ เลากลาง. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: ณัฐวุฒิ รุ่งจินดามัย, วริศรา บุญลาภงามมณี, วรัญญา ครุธพันธ์ และพัชรนันท์ เลากลาง. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล: วริศรา บุญลาภงามมณี, วรัญญา ครุธพันธ์ และพัชรนันท์ เลากลาง. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: ณัฐวุฒิ รุ่งจินดามัย. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: ณัฐวุฒิ รุ่งจินดามัย. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และ ครุภัณฑ์: ณัฐวุฒิ รุ่งจินดามัย.

เอกสารอ้างอิง

Adedokun, O., & Akuma, A. (2013). Maximizing agricultural residues: Nutritional properties of straw mushroom on maize husk, waste cotton and plantain leaves. **Natural Resources**, 4(8), 534-537. https://doi.org/10.4236/nr.2013.48064.

Adjapong, A. O., Ansah, K. D., Angfaarabung, F., & Sintim, H. O. (2015). Maize residue as a viable substrate for farm scale cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Advances in Agriculture**, 2015(1), 213251. https://doi.org/10.1155/2015/213251.

Ahlawat, O. P., Singh, R., & Kumar, S. (2011). Evaluation of *Volvariella volvacea* strains for yield and diseases/insect-pests resistance using composted substrate of paddy straw and cotton mill wastes. **Indian Journal of Microbiology**, 51(2), 200-205. https://doi.org/10.1007/s12088-011-0126-1.

Bellettini, M. B., Fiorda, F. A., Maieves, H. A., Teixeira, G. L., Ávila, S., Hornung, P. S., Júnior, A. M., & Ribani, R. H. (2019). Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 26(4), 633-646. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005.

Cai, Y. J., Buswell, J. A., & Chang, S. T. (1994). Production of cellulases and hemicellulases by the straw mushroom, Volvariella volvacea. **Mycological Research**, 98(9), 1019-1024. https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80428-0.

De, A., Mridha, D., Roychowdhury, T., Bandyopadhyay, B., & Panja, A. S. (2023). Substrate level optimization for better yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) production, using different ratio of rice straw and sugarcane bagasse. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 39(10), 270. https://doi.org/10.1007/s11274-023-03714-0.

Department of Agricultural Extension. (2020). **Plant Production Situation Reporting System**. Retrieved from http://www.agriinfo.doae.go.th/year63/plant/rortor/veget/เห็ดฟาง.pdf. (in Thai).

Fan, L., Soccol, A., Pandey, A., Vandenberghe, L., & Soccol, C. (2006). Effect of caffeine and tannins on cultivation and fructification of *Pleurotus* on coffee husks. **Brazilian Journal of Microbiology**, 37(4), 420-424. https://doi.org/10.1590/S1517-83822006000400003.

Kohphaisansombat, C., Jongpipitaporn, Y., Laoratanakul, P., Tantipaibulvut, S., Euanorasetr, J., Rungjindamai, N., Chuaseeharonnachai, C., Kwantong, P., Somrithipol, S., & Boonyuen, N. (2023). Fabrication of mycelium (oyster mushroom)-based composites derived from spent coffee grounds with pineapple fibre reinforcement. **Mycology**, 15(4), 665-682. https://doi.org/10.1080/21501203.2023.2273355.

Lan, R., Eastham, S. D., Liu, T., Norford, L. K., & Barrett, S. R. H. (2022). Air quality impacts of crop residue burning in India and mitigation alternatives. **Nature Communications**, 13(1), 6537. https://doi.org/10.1038/s41467-022-34093-z.

Mary, O., Cleland-Okine, J., & Johnson, P. N. (2003). Use of agricultural wastes as substrate for the mushroom *Volvariella volvacea*. **Tropical Science**, 43(3), 121-124. https://doi.org/10.1002/ts.101.

Mohammed, A. A., Youssef, N. S., Zeina, E. S., & Sami, A. F. (2021). Spent coffee grounds influence on Pleurotus ostreatus production, composition, fatty acid profile, and lignocellulose biodegradation capacity. **CyTA - Journal of Food**, 19(1), 11-20. https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1845243.

Rashad, F. M., Kattan, M. H. E., Fathy, H. M., El-Fattah, D. A. A., Tohamy, M. E., & Farahat, A. A. (2019). Recycling of agro-wastes for Ganoderma lucidum mushroom production and Ganoderma post mushroom substrate as soil amendment. **Waste Management**, 88(1), 147-159. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.040.

Rashid, M. R. M., Lee Mei Li, A., & Tan, S. Y. (2020). Corn husk as lignocellulosic agricultural waste for the cultivation of *Pleurotus florida* mushroom. **Bioresources**, 15(4), 7980-7991. https://doi.org/10.15376/biores.15.4.7980-7991

Sakinah, M. J., Misran, A., Mahmud, T., & Abdullah, S. (2019). A review: Production and postharvest management of *Volvariella volvacea*. **International Food Research Journal**, 26(2), 367-376.

Thiribhuvanamala, G., Krishnamoorthy, S., Manoranjitham, K., Praksasm, V., & Krishnan, S. (2012). Improved techniques to enhance the yield of paddy straw mushroom (*Volvariella volvacea*) for commercial cultivation. **African Journal of Biotechnology**, 11(64), 12740-12748.

Thuc, L. V., Corales, R. G., Sajor, J. T., Truc, N. T. T., Hien, P. H., Ramos, R. E., Bautista, E., Tado, C. J. M., Ompad, V., Son, D. T., & Van Hung, N. (2020). Rice-Straw Mushroom Production. In M. Gummert, N. V. Hung, P. Chivenge, & B. Douthwaite (Eds.), **Sustainable Rice Straw Management**. pp. 93-109. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8_6.

Ueitele, I., Kadhila, N., & Matundu, N. (2014). Evaluating the production of Ganoderma mushroom on corn cobs. **African Journal of Biotechnology**, 13(22), 2215-2219. https://doi.org/10.5897/AJB2014.13650.

Wang, X., Zhou, P., Cheng, J., Chen, Z., & Liu, X. (2018). Use of straw mushrooms (*Volvariella volvacea*) for the enhancement of physicochemical, nutritional and sensory profiles of Cantonese sausages. **Meat Science**, 146(1), 18-25. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.033.

Xu, S., Wang, F., Fu, Y., Li, D., Sun, X., Li, C.-T., Song, B., & Li, Y. (2020). Effects of mixed agro-residues (corn crop waste) on lignin-degrading enzyme activities, growth, and quality of *Lentinula edodes*. **RSC Advances**, 10(17), 9798-9807. https://doi.org/10.1039/C9RA10405D.

กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันสู่เกษตรกรอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง
Technology Transfer Process for Turmeric Production to Farmers in Paphayom District, Phatthalung Province

เสาวณีย์ เล็กบางพง[1], อภิญญา รัตนไชย[1*] และทัศนี ขาวเนียม[1]
Saowanee Lekbangpong[1], Apinya Ratanachai[1*] and Tassanee Khawniam[1]
Received date: 15 มี.ค. 68 Revised date: 14 พ.ค. 68 Accepted date: 15 พ.ค. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.266254

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและการประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ประชากรเป็นเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จำนวน 118 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติ t-test และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ผลการศึกษา สรุปผลได้ดังนี้ การถ่ายทอดเทคโนโลยีดำเนินการด้วยวิธีการเชิงระบบ ประกอบด้วย การประเมินความจำเป็น การพัฒนาและการถ่ายทอด และการประเมินผล ในขั้นประเมินความจำเป็น พบว่า เกษตรกรมีความต้องการเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันในด้านการป้องกันและการควบคุมศัตรูพืชมากกว่าด้านอื่น ๆ โดยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 2.33) วิธีการที่เกษตรกรต้องการให้ใช้มากที่สุด คือ การไปเยี่ยมเยือนที่ฟาร์ม การรณรงค์ และ การสาธิต สื่อที่ต้องการประกอบการถ่ายทอดมากที่สุด คือ เจ้าหน้าที่ของรัฐ อินเทอร์เน็ต และแผ่นพับ ขั้นตอนการพัฒนาและถ่ายทอดได้ประเมินระดับความรู้เกษตรกรก่อนได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า มีความรู้ระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย 5.66 คะแนน ดำเนินการถ่ายทอดโดยใช้การบรรยาย การสาธิต และการซักถามในขั้นประเมินผล มีการประเมินดังนี้ 1) ระดับความรู้ พบว่า เกษตรกรมีความรู้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับมาก คะแนนเฉลี่ย 13.24 คะแนน โดยความรู้ก่อนและหลังรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีแตกต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติ 0.01 2) ความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า มีความพึงพอใจมากที่สุดทุกด้าน ค่าเฉลี่ย 4.36 โดยด้านเนื้อหาในการถ่ายทอด ค่าเฉลี่ย 4.39 เท่ากับด้านวิทยากร ด้านสถานที่ ค่าเฉลี่ย 4.37 และด้านประโยชน์ที่ได้รับ ค่าเฉลี่ย 4.36 นอกจากนี้ปัจจัยด้านสถานภาพการสมรส มีผลต่อความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ข้อเสนอแนะ คือ ควรดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีหัวข้อการป้องกันและการควบคุมศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง และควรติดตามว่าเกษตรกรมีการนำความรู้ที่ได้ไปปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ
คำสำคัญ: การถ่ายทอดเทคโนโลยี ขมิ้นชัน เกษตรกร พัทลุง

Abstract

This study aimed to transfer turmeric production technology and evaluate its effectiveness among farmers in Pa Phayom District, Phatthalung Province. The population consisted of 118 turmeric farmers in Pa Phayom District, Phatthalung Province. Statistical analysis was conducted using percentage, mean, standard deviation, t-test, and stepwise multiple regression analysis. The research findings are summarized as follows: The technology transfer was conducted using a systematic approach comprising needs assessment, development and transfer, and evaluation. In the needs assessment phase, farmers expressed the highest demand for turmeric production technology in pest prevention and control, which was at a high level (mean 2.33). The methods most preferred by farmers were the farm visit, campaign, and demonstrations. The most desired supporting media for the technology transfer were Government official, Internet and printed materials. The transfer phase began with an assessment of farmers' knowledge before technology transfer, which was found to be at a low level with an average score of 5.66 points. The transfer was conducted through lectures, demonstrations, and question-answer sessions. The evaluation phase revealed the following: 1) Knowledge level - farmers' knowledge increased to a high level with an average score of 13.24 points. The difference in farmers' knowledge before and after technology transfer was statistically significant at the 0.01 level. 2) Satisfaction with technology transfer - farmers reported the highest satisfaction in all aspects with an average of 4.36. Aspects with above-average satisfaction were content transfer and instructor quality (both with a mean of

[1] สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ. สงขลา 90110
[1] Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand 90110
* Corresponding author: apinya.r@psu.ac.th

4.39), venue (mean 4.37), and benefits received (mean 4.36). Marital status was found to influence satisfaction with turmeric production technology transfer at a statistical significance level of 0.05. Recommendations include continuing technology transfer on pest prevention and control, and regularly monitoring the practical application of knowledge by farmers.

Keywords: technology transfer, turmeric, farmer, Phatthalung

คำนำ

ขมิ้นชันเป็นพืชที่คนไทยใช้เป็นสมุนไพรมาตั้งแต่อดีต โดยส่วนใหญ่มีการใช้เหง้าขมิ้นชันมีการนำมาแปรรูปเป็นยาสมุนไพรพื้นบ้าน เพื่อรักษาโรค หรือการทำสีย้อมผ้า และเป็นวัตถุดิบเครื่องปรุงในการทำอาหาร ปัจจุบันมีการนำผงขมิ้นชันมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ เป็นวัตถุดิบหลักในเครื่องสำอางต่าง ๆ อาหาร และผลิตเป็นแคปซูลการรักษาประคับประคองตามอาการที่เกี่ยวข้องกับการรับประทานอาหารหรือทางเดินอาหาร ขมิ้นชันมีการส่งออกเป็นอันดับที่ 14 ของโลก มีมูลค่าการส่งออก 2.97 ล้านบาท (The Federation of Thai Industries, 2024) ซึ่งสารสำคัญภายในเหง้าขมิ้นชันที่มีการแสดงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยามีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ สารเคอร์คิวมิน และน้ำมันหอมระเหย นักวิจัยทั่วโลกให้ความสนใจ มีการนำขมิ้นชันมาสกัดสารเคอร์คิวมิน และน้ำมันหอมระเหย เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพในการต่อต้านต่าง ๆ เช่น การอักเสบ จุลินทรีย์ อนุมูลอิสระ มะเร็ง เอนไซม์โรคอัลไซเมอร์ การนำขมิ้นชันไปศึกษาด้านการเกษตร พบว่า การนำสารเคอร์คิวมินเพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาโครงสร้างให้ได้สารต่าง ๆ เพื่อเพิ่มฤทธิ์ทางชีวภาพ Changtam (2015) จังหวัดพัทลุงมีพื้นที่ศักยภาพในการปลูกขมิ้นชันที่ระดับความเหมาะสม (S1) คือ พื้นที่มีความเหมาะสมในการปลูกพืชสูง ซึ่งกระจายอยู่ในอำเภอป่าพะยอม (Department of Land Development, 2020) และงานวิจัยของ Petchapradit (2017) มีการนำตัวอย่างขมิ้นชันในพื้นที่บ้านทุ่งชุมพล ตำบลลานข่อย ในอำเภอป่าพะยอม ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ คือ ปริมาสารเคอร์คูมิน (Curcumin content) และปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil content) พบว่าขมิ้นชันในพื้นที่มีปริมาณที่สูงมากกว่าค่ามาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตขมิ้นชันที่ปลูกในพื้นที่อื่น ๆ เนื่องจากพื้นที่บ้านทุ่งชุมพล ตำบลลานข่อย เป็นพื้นที่ลาดชันแนวเชิงเขา น้ำท่วมไม่ถึง ลักษณะดินไม่อุ้มน้ำ ผลผลิตของขมิ้นชันที่ได้จึงมีคุณภาพ ซึ่งการผลิตขมิ้นชันเริ่มตั้งแต่การเตรียมการปลูกขมิ้นชันจนกระทั่งการเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของขมิ้นชันไม่ยุ่งยาก ใช้ทุนน้อย และรายได้เพิ่มขึ้น เกษตรกรในพื้นที่จึงนิยมปลูกขมิ้นชันร่วมกับพืชชนิดอื่น ทำให้ครัวเรือนของเกษตรกรมีรายได้ดีเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรนั้นยังประสบปัญหาการผลิตหลายประการ ซึ่งการศึกษาของ Preedakorn and Sitthilert (2021) พบว่า ปัญหาในการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร เช่น ปัญหาดินเสื่อม โรคเหี่ยวขมิ้น (โรคเหง้าเน่า) การขาดแคลนเครื่องมือในการปลูกและเก็บผลผลิต ผลผลิตขมิ้นชันต่อไร่ต่ำ ไม่ได้รับมาตรฐาน GAP, GHP นอกจากนี้เกษตรกรในพื้นที่อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุงปลูกขมิ้นชันโดยไม่มีการหยุดพักการใช้พื้นที่ ผลที่ตามมา คือ เกิดโรคเน่าหรือโรคเหี่ยวในขมิ้นชัน เกิดการสะสมเชื้อแบคทีเรียในดินที่ใช้ในการปลูก ทำให้ผลผลิตขมิ้นชันมีจำนวนลดลง เกษตรกรผู้ผลิตจึงมีการลดลงของรายได้ เกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันบางรายมีการตัดสินใจหยุดการปลูกขมิ้นชันในที่สุด การให้ความรู้เกี่ยวข้องกับการผลิตขมิ้นชันที่ถูกตามหลักวิชาการจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญทำให้เกษตรกรในพื้นที่มีการผลิตขมิ้นชันที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น วิธีการส่งเสริมในรูปแบบการถ่ายทอดความรู้ผ่านจัดการฝึกอบรมโดยมีการให้เกษตรกรเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มพูนความรู้ให้ผู้รับการถ่ายทอดเกิดการเรียนรู้ทั้งภาคทฤษฎี บรรยาย และการทดลองปฏิบัติจริง นอกจากนี้การถ่ายทอดความรู้มีการช่วยเสริมความรู้ในเรื่องนั้นให้เห็นเป็นรูปความรู้ชัดแจ้งด้วย (Jonjubsong and Thambunwarit, 2013)

จากที่กล่าวมาการศึกษากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันสู่เกษตรกรอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จึงทำให้ได้รับข้อมูลที่ใช้สำหรับการวางแผนในการให้ความรู้และการส่งเสริมการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรให้มีการพัฒนาการผลิตอย่างมีคุณภาพต่อไปได้

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ เกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชัน ในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จำนวน 86 ราย เก็บข้อมูลทั้งหมดโดยไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง (Paphayom District Agricultural Extension Office, 2020)

เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ประกอบด้วย

1) แบบสัมภาษณ์ ซึ่งมีคำถามทั้งปลายปิดและปลายเปิดเพื่อเก็บรวบรวม ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล และความต้องการเทคโนโลยีในการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร เป็นคำถามเป็นมาตรวัดแบบลิเคิร์ท (Likert rating scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ความต้องการน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 1 ความต้องการน้อย มีคะแนนเท่ากับ 2 ความต้องการปานกลาง มีคะแนนเท่ากับ 3 ความต้องการมาก มีคะแนนเท่ากับ 4 และความต้องการมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 5

2) แบบประเมินความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันก่อนและหลังการถ่ายทอด เป็นคำถามปลายปิดแบบแบบข้อสอบให้เลือกตอบ 2 ตัวเลือก คือ ใช่และไม่ใช่ หากตอบถูกได้ข้อละ 1 คะแนน ตอบผิดได้ข้อละ 0 คะแนน

3) แบบประเมินความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยี เป็นคำถามแบบมาตรวัดแบบลิเคิร์ท แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ความพึงพอใจน้อยที่สุด เท่ากับ 1 ความพึงพอใจน้อย เท่ากับ 2 ความพึงพอใจปานกลาง เท่ากับ 3 ความพึงพอใจมาก เท่ากับ 4 และความพึงพอใจมากที่สุด เท่ากับ 5 การตรวจคุณภาพของเครื่องมือมีการดำเนินการ ดังนี้

1) การตรวจสอบเนื้อหาความถูกต้อง (Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย (Index of item objective congruence IOC:) พบว่า ค่า IOC ของเครื่องมือ อยู่ระหว่าง 0.50 - 0.80 แสดงว่า เครื่องมือสามารถนำไปใช้ได้ (Ong-iam and Wijitpaisarn, 2018)

2) การทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability) นำเครื่องมือไปทดลองใช้ (Try out) กับเกษตรกรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรในการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ผลิตขมิ้นชัน ตำบลแหลมโตนด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง จำนวน 30 ราย แล้วนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิอัลฟ่า (Alpha coefficient) ของ Cronbach (Cronbach, 1970) พบว่า แบบสัมภาษณ์มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.96 แบบประเมินความพึงพอใจมีค่าสัมประสิทธ์ เท่ากับ 0.77 สำหรับแบบประเมินความรู้ผู้วิจัยใช้สูตร KR-20 (Kuder - richardson formula) ในการคำนวณที่ข้อคำถามมีความยากง่ายแตกต่างกัน ค่าสัมประสิทธิของแบบประเมินความรู้ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.85

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล ความต้องการเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชัน และความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรที่เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบาย (1) ข้อมูลส่วนบุคคลของเกษตรกร คือ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงแบนมาตรฐาน (Standard deviation) (2) ความต้องการเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันและความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยีของเกษตรกร ในส่วนของคำถามที่เป็นมาตราส่วนของการประเมินค่า (Rating scale) กำหนดค่าคะแนนในการแปลความหมายไว้ 5 ระดับ ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 คือ น้อยที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 คือ น้อย ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 คือ ปานกลาง ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 คือ มาก และค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 คือ มากที่สุด (3) ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชัน มีข้อคำถามจำนวน 15 ข้อ กำหนดคะแนนเป็น 3 ระดับ ดังนี้ คะแนนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 คะแนน = ระดับน้อย คะแนน 6-10 คะแนน = ระดับปานกลาง และคะแนน 11-15 คะแนน = ระดับสูง (4) การเปรียบเทียบความรู้ของเกษตรกรก่อนและหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี ใช้การทดสอบ t-test แบบ Dependent และ Paired t-test ที่นัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ(5) ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร โดยการวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบขั้นตอน (Multiple regression analysis) กำหนดให้ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังสมการ ดังนี้ $Y= a+b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5$

กำหนดให้ Y: ความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชัน

a: ค่าคงที่ของสมการพยากรณ์

b_1...bn: ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวพยากรณ์ในรูปของคะแนนดิบหรือค่าจริง

X_1...Xn: ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชัน

โดยที่ X1: เพศ; หญิง = 1 ชาย = 0

X2: อายุ (ปี)

X3: ระดับการศึกษา (จำนวนปีที่ศึกษา)

X4: สถานภาพ; โสด = 1 สมรส = 2 หย่าร้าง/หม้าย/แยกกันอยู่ = 3

X5: อาชีพ; เกษตรกร = 1 รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ = 2 พนักงานบริษัทเอกชน = 3 ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว = 4 รับจ้างทั่วไป = 5

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จะเห็นได้ว่า เกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 76.74) อายุเฉลี่ย 49.15 ปี จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นมากที่สุด (ร้อยละ 43.02) ส่วนใหญ่สมรสแล้ว (ร้อยละ 65.12) ประสบการณ์การปลูกขมิ้นชันเฉลี่ย 11.12 ปี สอดคล้องกับ Thitisutthi and Kruekum (2018) อธิบายไว้ว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์หรือเคยเข้าร่วมในการจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำเกษตรจะให้ความสำคัญและมีความสนใจในกิจกรรมการส่งเสริมการปลูกผักในระบบอินทรีย์มากกว่าเกษตรกรที่ไม่เคยมีประสบการณ์หรือไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมเลย

กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร

การดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันใช้วิธีการเชิงระบบ (Systems approach) โดยมี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นประเมินความต้องการจำเป็น (Assessment phase) ขั้นการถ่ายทอด (Transfer phase) และขั้นประเมินผล (Evaluation phase) (Kuhaswonvetch et al., 2023) ซึ่งมีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ขั้นประเมินความต้องการจำเป็น (Assessment phase) ได้ดำเนินการหาความต้องการเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จำนวน 118 ราย โดยใช้แบบสัมภาษณ์ พบว่า เกษตรกรมีความต้องการเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันโดยภาพรวมอยู่ในระดับน้อย (ค่าเฉลี่ย 1.43) สามารถแยกความต้องการเทคโนโลยีในแต่ละระดับได้ดังนี้ เทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันที่มีความต้องการมาก คือ การป้องกันและการควบคุมศัตรูพืช (ค่าเฉลี่ย 2.33) เทคโนโลยีที่ต้องการระดับปานกลาง คือ ด้านการเก็บรักษา (ค่าเฉลี่ย 1.68) และเทคโนโลยีที่ต้องการในระดับน้อย ได้แก่ ด้านการเตรียมก่อนการปลูก (ค่าเฉลี่ย 1.33) ด้านการปลูก (ค่าเฉลี่ย 0.98) และด้านการปฏิบัติก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 0.84) ตามลำดับ และจากผลการศึกษา พบว่า ความต้องการวิธีการในการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการป้องกันและการควบคุมศัตรูพืชมากที่สุดมีดังนี้ วิธีการแบบรายบุคคล คือ การไปเยี่ยมเยือนที่ฟาร์ม (ค่าเฉลี่ย 2.95) วิธีการแบบมวลชน คือ การรณรงค์ (ค่าเฉลี่ย 2.30) และวิธีการแบบกลุ่ม คือ การสาธิต (ค่าเฉลี่ย 1.72) การฝึกอบรม (ค่าเฉลี่ย 1.63) ตามลำดับ สำหรับความต้องการสื่อในการถ่ายทอดเทคโนโลยีสามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ สื่อบุคคล คือ เจ้าหน้าที่ของรัฐ (ค่าเฉลี่ย 2.51) สื่อมวลชน คือ อินเทอร์เน็ต (ค่าเฉลี่ย 2.30) และสื่อสิ่งพิมพ์ คือ แผ่นพับ (ค่าเฉลี่ย 2.29) สอดคล้องกับ Njoku (2022) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสื่อสิ่งพิมพ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีระหว่างครัวเรือนเกษตรกรในชนบทของรัฐ Imo ประเทศไนจีเรีย พบว่า ครัวเรือนเกษตรกรในพื้นที่นี้ใช้สื่อสิ่งพิมพ์ ได้แก่ แผ่นพับ เพื่อรับข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนา (Table 1)

2. ขั้นการถ่ายทอด (Transfer phase) เมื่อทราบความต้องการในขั้นแรกของกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีแล้ว จึงได้นำมาออกแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันอำเภอป่าพะยอม ด้านการป้องกันและการควบคุมศัตรูพืช โดยมีกิจกรรมที่สำคัญ คือ 1) การประเมินความรู้ของเกษตรกรก่อนการถ่ายทอด 2) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชัน โดยมีการบรรยายเนื้อหาที่สำคัญ การสาธิต และเปิดโอกาสให้มีการซักถาม ซึ่งมีเกษตรกรเข้าร่วมกิจกรรมการถ่ายทอด จำนวน 86 ราย ส่วนเกษตรกรที่เหลือ จำนวน 32 ราย ได้ให้เหตุผลในการไม่เข้าร่วมกิจกรรมว่า ไม่ต้องการปลูกขมิ้นชันต่อไป เพราะผลตอบแทนไม่คุ้ม บางรายต้องการไปประกอบกิจกรรมการเกษตรอื่น สำหรับการถ่ายทอดมีการดำเนินการดังนี้

2.1) ประเมินความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรก่อนการถ่ายทอด ผลการประเมิน พบว่า เกษตรกรมีความรู้อยู่ในระดับน้อย (ร้อยละ 54.65) ระดับปานกลาง (ร้อยละ 41.86) และมีความระดับมาก (ร้อยละ 3.49)

2.2) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชัน กิจกรรมในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชัน ด้านการป้องกันและควบคุมศัตรูพืช ประกอบด้วย การบรรยายเนื้อหาที่สำคัญโดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการป้องกันและควบคุมศัตรูพืช จำนวน 1.30 ชั่วโมง การเปิดโอกาสในการซักถาม จำนวน 30 นาที และการสาธิต จำนวน 1 ชั่วโมง และแผ่นพับเป็นสื่อในการถ่ายทอด สอดคล้องกับ Kuhaswonvetch et al. (2023) ได้ศึกษาเรื่อง การถ่ายทอดเทคโนโลยีในการผลิตและการใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อพัฒนากลุ่มและเครือข่ายเกษตรกรที่ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า เกษตรกรมีความต้องการเทคนิคการถ่ายทอดเทคโนโลยีมากที่สุด คือ การบรรยาย การฝึกปฏิบัติ และการสาธิต (Table 2)

Table 1 The level of farmers' needs for technology transfer for turmeric production

N = 118

Needs technology transfer of turmeric production	Mean	S.D.	Level
Needs technology transfer	**1.43**	**0.53**	**Lowest**
Pre- planting preparation	1.33	0.61	Lowest
Planting	0.98	0.87	Lowest
Preservation	1.68	0.63	Moderate
Plant pest prevention and control	2.33	0.74	High
Pre-harvest and post-harvest practices	0.84	0.91	Lowest
Need method			
Individual method	**1.50**	**0.07**	**Moderate**
Farm visit	2.95	0.27	High
telephone	1.55	0.76	Lowest
Office contact	1.31	0.51	Moderate
VDO call	0.21	0.50	Needless
Group method	**0.66**	**0.03**	**Needless**
Demonstration	1.72	1.17	Moderate
Training	1.63	0.93	Moderate
Community learning center	0.85	1.22	Needless
Focus group meeting	0.77	1.17	Needless
Lecture	0.36	0.72	Needless
Brainstorming	0.25	0.64	Needless
Knowledge exchange forum	0.17	0.53	Needless
Seminar	0.16	0.64	Needless
Field trip	0.05	0.30	Needless
Mass method	**1.99**	**0.05**	**Low**
Contest	1.53	0.83	Moderate
Campaign	2.27	0.59	High
Exhibition	2.18	0.80	Moderate
Need media			
personal media	**2.01**	**0.10**	**Moderate**
Government official	2.57	0.73	High
Community leader	2.11	0.44	Moderate
Neighbor	1.37	0.72	Needless
Print media	**2.00**	**0.08**	**Moderate**
Brochure	2.29	0.68	Moderate
Manual	2.25	0.68	Moderate
Poster	1.44	0.78	Needless
Mass media	**1.98**	**0.09**	**Moderate**
Internet	2.30	0.86	Moderate
Television	2.06	0.72	Moderate
Video	1.57	0.69	Needless

Table 2 Technology Transfer for Turmeric Production

Content Technology Transfer	Methods of Technology Transfer	Media Technology Transfer
1) Important diseases of turmeric	1) Lecture	1) Government official
	2) Question and answer session	2) Brochure
2) Pest prevention, eliminate the diseases and insect pests of turmeric	1) Lecture-style summary	1) Brochure
	2) Demonstration	2) Video
	3) Opportunity for Questions	

3. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) เมื่อจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันตามความต้องการของเกษตรกรเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนประเมินผล ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี ได้มีการดำเนินกิจกรรมดังต่อไปนี้

3.1 หลังจากประเมินระดับความรู้ของเกษตรกรที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า หลังจากการเข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีแล้ว เกษตรกรมีความรู้ในระดับมาก (ร้อยละ 95.35) รองลงมา คือ มีความรู้ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 4.65) และไม่มีเกษตรกรรายใดที่มีความรู้ระดับน้อยเลย จากผลการประเมินดังกล่าว เกษตรกรมีความรู้เพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากรูปแบบการสื่อสารเชิงปฏิบัติ (hands-on learning) ในกิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจง่ายและสามารถนำไปใช้ได้จริง (Table 3)

Table 3 Knowledge level of turmeric production technology

Knowledge level	Before technology transfer		After technology transfer	
	Numbers	Percentage	Numbers	Percentage
Low (0-5 score)	47	54.65	0	0.00
Moderate (6-10 score)	36	41.86	4	4.65
High (11-15 score)	3	3.49	82	95.35
Mean ± S.D	5.66 ±1.90		13.24 ±1.50	
Min	3		10	
Max	12		15	

เมื่อทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความรู้ก่อนและหลังในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร ด้วยสถิติ T-test พบว่า ระดับความรู้ของเกษตรกรหลังจากได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีแตกต่างจากก่อนได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 โดยก่อนได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีคะแนนเฉลี่ย 5.66 คะแนน และหลังจากได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีคะแนนเฉลี่ย 13.24 คะแนน กล่าวได้ว่า เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันเพิ่มขึ้น ซึ่งวิธีการถ่ายทอดความรู้มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การอธิบาย การใช้สื่อประกอบการถ่ายทอด และการจัดเรียงเนื้อหาอย่างเป็นขั้นตอน ทำให้เนื้อหามีลำดับ ง่ายต่อความเข้าใจของเกษตรกร ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจึงมีคะแนนหลังจากได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีสูงกว่าก่อนได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี เมื่อพิจารณาข้อคำถามในแบบประเมินความรู้ พบว่า คำถามที่มีจำนวนเกษตรกรตอบถูกในข้อนั้นร้อยละ 80.00 ขึ้นไป มีจำนวน 11 ประเด็น และตอบถูกในข้อนั้นน้อยกว่าร้อยละ 60.00 จำนวน 4 ประเด็น (Table 4)

3.2 ประเมินความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.36) เมื่อพิจารณาแยกเป็นประเด็นแต่ละด้าน พบว่า ทุกด้านมีระดับมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ 1) ด้านวิทยากรและด้านเนื้อหาในการถ่ายทอด (ค่าเฉลี่ย 4.39) 2) ด้านสถานที่ (ค่าเฉลี่ย 4.37) 3) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ (ค่าเฉลี่ย 4.36) 4) ด้านระยะเวลาการดำเนินกิจกรรม (ค่าเฉลี่ย 4.35) 5) ด้านโสตทัศนูปกรณ์ (ค่าเฉลี่ย 4.31) และ6) ด้านความรู้ (ค่าเฉลี่ย 3.76) ตามลำดับ รายละเอียดในแต่ละด้านแสดงดังต่อไปนี้

1) ด้านวิทยากร เกษตรกรมีความพึงพอใจระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.39) เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า วิทยากรมีความสามารถในการถ่ายทอด (ค่าเฉลี่ย 4.61) การเรียงลำดับเนื้อหาต่อเนื่อง เข้าใจได้ง่าย (ค่าเฉลี่ย 4.48) การเปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็น (ค่าเฉลี่ย 4.38) ใช้ระยะเวลาเหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.37) มีการยกตัวอย่างเนื้อหาทำให้มีความเข้าใจได้เร็วขึ้น (ค่าเฉลี่ย 4.32) เป็นกันเองระหว่างการถ่ายทอด (ค่าเฉลี่ย 4.30) และสามารถจูงใจกลุ่มเป้าหมาย (ค่าเฉลี่ย 4.03) ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปใน

ลักษณะเดียวกับผลการศึกษาของ Tassamalee and Thunmathiwat (2019) ได้ศึกษาเรื่องความพึงพอใจของเกษตรกรรุ่นใหม่ต่อการฝึกอบรมหลักสูตรเตรียมความพร้อมสู่การเป็นผู้ประกอบการเกษตรรุ่นใหม่ในกรุงเทพมหานคร พบว่า ความพึงพอใจที่มีเกณฑ์ประเมินระดับมาก คือ ด้านวิทยากร (ค่าเฉลี่ย 4.15) ในประเด็น 1) วิทยากรสร้างบรรยากาศได้ดีและเหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.26) 2) วิทยากรมีความสามารถในการตอบคำถามได้ดี (ค่าเฉลี่ย 4.18) 3) วิทยากรถ่ายทอดเนื้อหารายวิชาได้สอดคล้องกับหลักสูตร ตรงต่อเวลา และรักษาเวลาได้เหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.13) 4) วิทยากรมีความรู้ในหัวข้อที่บรรยาย (ค่าเฉลี่ย 4.05) ตามลำดับ และผลการวิจัยของ Newmann et al. (1995) นำเสนอว่า การเรียนรู้จากสภาพของจริงจำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการพูดคุยสนทนา เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ของเนื้อหาวิชาร่วมกัน ส่งผลมีความเข้าใจในประเด็นต่าง ๆ มากยิ่งขึ้น

Table 4 Comparative knowledge before and after the technology transfer of turmeric production

Items	Pre-test Post-test	Correct answers	Mean± S.D.	t	p-value
1. Covering the base of the turmeric plant helps eliminate weeds, conserves soil moisture, and promotes healthy root and rhizome growth.	Pre-test Post-test	24 42	0.45±0.28 0.50±0.48	-3.152	0.002*
2. Weeding should begin when the turmeric plants reach a height of 5 to 10 centimeters to reduce competition for nutrients and	Pre-test Post-test	34 86	0.40±0.49	-11.402	0.00**
3. Weeding should be conducted three times: first when turmeric begins to germinate, second three months after planting, and third six months after planting.	Pre-test Post-test	35 86	0.41±0.49 1.00±0.00	-11.129	0.00**
4. Fungal pathogens in turmeric can cause wilt disease, manifesting as yellowing leaves, plant wilting, rotting bulbs, and a thick discharge of white mucus.	Pre-test Post-test	13 59	0.15±0.36 0.68±0.46	-8.435	0.00**
5. Selecting a planting area with good drainage helps prevent and control wilt disease in turmeric.	Pre-test Post-test	22 86	0.26±0.43 1.00±0.00	-15.725	0.00**
6. Drying the soil for at least three months before planting helps prevent and eliminate wilt disease in turmeric.	Pre-test Post-test	15 57	0.17±0.38 0.66±0.47	-6.820	0.00**
7. If the turmeric-growing area has previously experienced wilt disease, apply lime to the soil at 70-80 kg/rai. This helps prevent further outbreaks and controls the disease.	Pre-test Post-test	10 42	0.12±0.32 0.48±0.50	-6.002	0.00**
8. When planting turmeric in the same plot, it is advisable to rotate it with crops such as beans, rice, or corn.	Pre-test Post-test	33 85	0.38±0.48 0.98±0.10	-11.402	0.00**
9. Rhizome rot is caused by a fungus that infects the roots and underground stems, turning them brown.	Pre-test Post-test	36 84	0.42±0.49 0.97±0.15	-10.362	0.00**

Table 4 (continued)

Items	Pre-test Post-test	Correct answers	Mean± S.D.	t	p-value
10. To prevent fungal rhizome rot by using disease-free rhizomes and planting them in well-drained areas.	Pre-test	65	0.76±0.43	-5.240	0.00**
	Post-test	86	1.00±0.00		
11. Introducing antagonistic microorganisms into the planting plot helps reduce soil pathogens and prevent infected rhizome rot caused by fungi.	Pre-test	34	0.40±0.49	-11.402	0.00**
	Post-test	86	1.00±0.00		
12. Leaf spot disease occurs due to the repeated planting of the same crop, which leads to the accumulation of pathogens in the soil.	Pre-test	24	0.28±0.45	-14.818	0.00**
	Post-test	86	1.00±0.00		
13. The use of antagonistic microorganisms, along with proper soil management, helps prevent diseases affecting turmeric.	Pre-test	44	0.51±0.50	-6.990	0.00**
	Post-test	82	0.95±0.21		
14. The initial symptom of rhizome rot caused by fungus is the appearance of brown, rotting areas on the rhizomes.	Pre-test	47	0.55±0.50	-8.398	0.00**
	Post-test	86	1.00±0.00		
15. Trichoderma is effective in controlling various fungal diseases, including root rot, basal rot, fruit rot, wilt, and others.	Pre-test	51	0.59±0.49	-7.638	0.00**
	Post-test	86	1.00±0.00		
Total				-26.665	0.00**

* Statistically difference at probability level 0.05 ** Statistically difference at probability level 0.01

2) ด้านเนื้อหาของการถ่ายทอด เกษตรกรมีความพึงพอใจในภาพรวมระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.39) เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า ประเด็นเนื้อหาตรงกับวัตถุประสงค์ในการประกอบอาชีพของเกษตรกร (ค่าเฉลี่ย 4.53) มีคะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจมากที่สุด รองลงมา คือ มีการจัดลำดับหัวข้อและเนื้อหา ขั้นตอนสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน (ค่าเฉลี่ย 4.37) เนื้อหาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ (ค่าเฉลี่ย 4.36) เนื้อหามีการแบ่งเป็นหมวดหมู่ที่ชัดเจนง่ายในการทำความเข้าใจ (ค่าเฉลี่ย 4.32) ตามลำดับ สอดคล้องกับ Department of Agricultural Extension (2013) นำเสนอว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตรเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสม ทั้งองค์ความรู้ ข่าวสารที่จะถ่ายทอดของผู้ส่ง ผู้รับ ตลอดจนช่องทาง วิธีการถ่ายทอด ซึ่งต้องมีความสอดคล้องและเหมาะสมต่อสถานการณ์นั้น ๆ รวมถึงสภาพแวดล้อมและทรัพยากรที่มีอยู่ด้วย

3) ด้านสถานที่ เกษตรกรมีความพึงพอใจของภาพรวมระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.37) เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า สถานที่สะอาด มีระเบียบ (ค่าเฉลี่ย 4.41) รองลงมา คือ สถานที่มีสภาพแวดล้อมดีและเหมาะสม ไม่อุดอู้ ไม่ร้อน (ค่าเฉลี่ย 4.40) อุปกรณ์ ภายในสถานที่มีสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น โต๊ะ เก้าอี้ มีเพียงพอ (ค่าเฉลี่ย 4.38) และขนาดของสถานที่การจัดกิจกรรมเหมาะสมกับจำนวนผู้รับการถ่ายทอด (ค่าเฉลี่ย 4.29) ตามลำดับ สอดคล้องกับแนวคิด Uddin (2008) ที่รายงานว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ให้การศึกษาแบบเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential learning) ควรมีการควบคู่กับการเปิดโอกาสให้เกิดการเรียนรู้โดยมีจัดสถานที่ สภาพแวดล้อม และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และการสร้างอำนาจในการตัดสินใจด้วย

4) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ เกษตรกรมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.36) เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า สามารถถ่ายทอดให้เพื่อนร่วมงานหรือชุมชนได้ (ค่าเฉลี่ย 4.43) รองลงมา คือ การรับความรู้ แนวคิด ทักษะและประสบการณ์ใหม่ ๆ (ค่าเฉลี่ย 4.40) กิจกรรมนี้สามารถเอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้เทคโนโลยีการเพื่อผลิตขมิ้นชัน และช่วยในการพัฒนาความสามารถด้านเทคโนโลยีเพื่อการผลิตขมิ้นชัน (ค่าเฉลี่ย 4.38) และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ในการพัฒนาอาชีพได้ (ค่าเฉลี่ย 4.25) ตามลำดับ สอดคล้องกับ Bloom (1974) ที่อธิบายไว้ว่า เมื่อบุคคลเกิดการเรียนรู้ ทั้งด้านความคิด ความเข้าใจ และค่านิยม แล้วนำสิ่งที่เรียนรู้ไปทดลองและปฏิบัติจริง จะช่วยพัฒนาให้เกิดทักษะและความชำนาญมากยิ่งขึ้น

5) ด้านระยะเวลาดำเนินกิจกรรม เกษตรกรมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.35) เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมมีความเหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.37) ระยะเวลาในการถ่ายทอดแต่ละประเด็นเหมาะสมกับเนื้อหา (ค่าเฉลี่ย 4.43) และการควบคุมเวลาตามที่กำหนดไว้ (ค่าเฉลี่ย 4.26) ตามลำดับ สอดคล้องกับแนวคิด Rogers (2003) อธิบายไว้ว่า หากระยะเวลาในการถ่ายทอดนวัตกรรมสั้นเกินไป อาจทำให้ผู้รับไม่มีเวลาทำความเข้าใจหรือคุ้นเคยกับนวัตกรรมนั้น ส่งผลให้ตัดสินใจยอมรับและนำไปใช้ได้ยาก ซึ่งจะกระทบต่อความยั่งยืนของการใช้นวัตกรรม ในทางกลับกัน หากใช้เวลาถ่ายทอดนานเกินไป ก็อาจทำให้เสียโอกาสในการนำไปใช้จริง

6) ด้านโสตทัศนูปกรณ์ เกษตรกรมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.31) เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า ความพึงพอใจเกี่ยวกับโสตทัศนูปกรณ์มีความทันสมัย ช่วยทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ (ค่าเฉลี่ย 4.39) โสตทัศนูปกรณ์ปลอดภัยในการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.33) และโสตทัศนูปกรณ์เหมาะสมต่อการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.19) ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Saweepong et al. (2021) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชือกกล้วยสู่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนพื้นที่ตำบลบ้านขาว อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา พบว่า ความพร้อมของอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์ในการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชือกกล้วย มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.20)

7) ด้านความรู้ เกษตรกรมีความพึงพอใจของภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.76) เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า การมีความรู้เทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันเพิ่มขึ้น เป็นประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.40) รองลงมา คือ พึงพอใจต่อความรู้หลังได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ค่าเฉลี่ย 4.38) ความรู้ที่ได้รับตรงตามความคาดหวังของเกษตรกร (ค่าเฉลี่ย 4.34) ตามลำดับ สอดคล้องกับแนวคิดของ Waroonkun and Steward (2008) กล่าวว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีจะได้ผลดี ผู้รับจะต้องมีความตั้งใจจริงและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วของผู้รับ ก็จะช่วยให้การถ่ายทอดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Table 5)

Table 5 Satisfaction levels in turmeric pest management technology transfer

Satisfaction	Mean	S.D.	Level
Trainers	**4.39**	**0.55**	**Highest**
1. Trainer's knowledge and ability to transfer skills effectively	4.61	0.59	Highest
2. Organize the content to ensure a smooth, continuous flow, making it easy for readers to follow and understand	4.48	0.60	Highest
3. Examples are included alongside the content to facilitate quicker understanding	4.32	0.67	Highest
4. Provide an opportunity to ask questions and express opinions	4.38	0.70	Highest
5. Ability to influence target groups	4.03	0.76	High
6. Foster a warm and friendly atmosphere throughout the broadcast	4.30	0.76	Highest
7. Take the time to convey appropriately	4.37	0.70	Highest
Content	**4.39**	**0.59**	**Highest**
1) The content is organized into categories for easier understanding.	4.32	0.72	Highest
2) The content conveyed can be effectively applied in practice.	4.36	0.75	Highest
3) Topics and contents are arranged in order of difficulty and continuity.	4.37	0.73	Highest
4) The content aligns with the objectives of agricultural occupations.	4.53	0.60	Highest
Event venue	**4.37**	**0.62**	**Highest**
1. The activity location is clean and well-organized	4.41	0.67	Highest
2. The size of the event location is appropriate for the number of broadcast recipients	4.29	0.71	Highest
3. The activity location has an appropriate environment, such as good ventilation, not stuffy or hot	4.40	0.75	Highest
4. The activity venue provides adequate and appropriate facilities, such as tables and chairs, for the activity participants	4.38	0.73	Highest

Table 5 (continued)

Satisfaction	Mean	S.D.	Level
Benefits	**4.36**	**0.56**	**Highest**
1. Gain new knowledge, concepts, skills, and experiences through the activities	4.40	0.67	Highest
2. Capable of sharing acquired knowledge with colleagues or the community	4.43	0.64	Highest
3. Able to apply the knowledge gained to work or develop a career	4.25	0.73	Highest
4. This activity facilitates learning about turmeric production technology	4.38	0.67	Highest
5. This activity helps develop abilities in turmeric production technology	4.38	0.72	Highest
Training duration	**4.35**	**0.66**	**Highest**
1. The duration for organizing activities is appropriate and sufficient	4.37	0.72	Highest
2. The duration for broadcasting each issue is appropriate to the content	4.43	0.69	Highest
3. Adhering strictly to the specified schedule	4.26	0.81	Highest
Audiovisual equipment	**4.31**	**0.62**	**Highest**
1. The audiovisual equipment is modern. It helps to gain knowledge and understanding of transmission	4.39	0.69	Highest
2. Audiovisual equipment suitable for broadcasting	4.19	0.73	High
3. The audiovisual equipment is high-quality and safe to use	4.33	0.76	Highest
Knowledge	**3.76**	**0.45**	**Highest**
1. Knowledge of turmeric production technology has increased	4.40	0.69	Highest
2. Level of satisfaction with knowledge before technology transfer	2.50	0.64	Low
3. Level of satisfaction with knowledge after technology transfer	4.38	0.70	Highest
4. The knowledge received meets farmers' expectations	4.34	0.68	Highest
Total	**4.36**	**0.71**	**Highest**

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร ใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ด้วยวิธีการนำเข้าทั้งหมด (Stepwise method) โดยนำตัวแปรอิสระจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส และอาชีพ นำเข้าสมการถดถอย พบว่า F= 11.095 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เชิงพหุคูณแบบขั้นตอน (Multiple coefficient of determination: R^2) พบว่า R^2 = 0.342 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ได้ร้อยละ 34.20 และตัวแปรอิสระจำนวน 5 ตัวแปร มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม คือ สถานภาพสมรส (X_4) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความหมายว่า เกษตรกรที่มีสถานภาพสมรสจะมีความพึงพอใจการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันมากกว่าเกษตรกรที่มีสถานภาพโสด หย่าร้าง และแยกกันอยู่ (Table 6)

Table 6 Factors affecting satisfaction in the transfer of turmeric production technology to turmeric farmers

Variables	Cientific (b)	t	p-value
(Constant)	4.805	34.042	0.000
Marital status (X_4)	0.209	3.331	0.001*
Std. Error =0.063, Durbin-Watson= 1.839, R=-0.417, R^2=0.342, F= 11.095, p-value = 0.000			

*significant ($p<0.05$)

สรุปผลการศึกษา

กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกรอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีของงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการเชิงระบบ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นประเมินความต้องการจำเป็น ขั้นการถ่ายทอด และขั้นการประเมินผล โดยเริ่มจากการหาความต้องการของเกษตรกรเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชัน พบว่า ด้านการป้องกันและการควบคุมศัตรูพืชมีความต้องการมากที่สุด และวิธีการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เกษตรกรต้องการ คือ วิธีการแบบรายบุคคล คือ การไปเยี่ยมเยือนที่ฟาร์ม วิธีการแบบมวลชน คือ การรณรงค์ และวิธีการแบบกลุ่ม คือ การสาธิต การฝึกอบรม ตามลำดับ สื่อในการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เกษตรกรต้องการ คือ เจ้าหน้าที่ของรัฐ และแผ่นพับ จากนั้นดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยการใช้บรรยายโดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการป้องกันและการควบคุมศัตรูพืช เมื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีแล้ว ในขั้นตอนการประเมินผลการศึกษานี้ได้มีการประเมินผล 1) ความรู้ของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีความรู้ด้านการป้องกันและการควบคุมศัตรูพืชในการผลิตขมิ้นชันเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนรับการถ่ายทอด และระดับความรู้ของเกษตรกรหลังจากได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีแตกต่างกันจากก่อนได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 อีกด้วยแสดงถึงประสิทธิภาพของกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่จัดขึ้น โดยเฉพาะในหัวข้อที่สอดคล้องกับความต้องการของเกษตรกร 2) ความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี เกษตรกรมีความพึงพอใจในด้านวิทยากรเท่ากับด้านเนื้อหาในการถ่ายทอดเทคโนโลยี ด้านสถานที่ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ด้านระยะเวลาดำเนินกิจกรรม ด้านโสตทัศนูกรณ์ และด้านความรู้ ตามลำดับ ซึ่งสนับสนุนแนวคิดว่าการถ่ายทอดที่สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ได้จริง และจากทดสอบทางสถิติ พบว่า สถานภาพการสมรส เป็นตัวแปรเดียวที่มีผลต่อความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขมิ้นชันของเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย คือ ควรมีการดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการผลิตขมิ้นชันให้กับเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นหัวข้อที่เป็นที่ต้องการของเกษตรกรเป้าหมาย และควรมีการติดตามการนำความรู้จากการนำเทคโนโลยีไปใช้จริง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการประกอบอาชีพของเกษตรกรต่อไป

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในการให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ประจำปีงบประมาณ 2566 ขอบคุณผู้นำชุมชนที่ให้ข้อมูลประกอบการศึกษาและช่วยประสานงานในพื้นที่ และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกขมิ้นชันในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุงทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ และให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลเป็นอย่างดี

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และสมมุติฐาน: เสาวณีย์ เล็กบางพง, อภิญญา รัตนไชย. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบการทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล: เสาวณีย์ เล็กบางพง, อภิญญา รัตนไชย, และทัศนี ขาวเนียม. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: เสาวณีย์ เล็กบางพง. การวิจารณ์ผล การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: อภิญญา รัตนไชย. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: เสาวณีย์ เล็กบางพง, อภิญญา รัตนไชย.

เอกสารอ้างอิง

Bloom, B. S. (1974). Time and learning**. American Psychologist**, 29(1), 682-688.

Changtam, C. (2015). Usefulness and various biological activities of *Curcuma longa* L. **Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal**, 1(2), 94-109. (in Thai).

Cronbach, L. J. (1970). **Essentials of Psychological Testing**. 3rd Ed. Harper and Row.

Department of Agricultural Extension. (2013). **Agricultural Extension Officer Operations Manual Agricultural Technology Transfer**. Agricultural Cooperatives Association of Thailand Printing Company Limited. (in Thai).

Department of Land Development. (2020). **Appropriate Agricultural Promotion Guidelines based on the Proactive Agricultural Map Database Agri-Map Phatthalung Province**. Retrieved from: https://www.opsmoac.go.th/bpsp-dwl-files 432991791973

Jonjubsong, L., & Thambunwarit, N. (2013). Indigenous knowledge transfer: A case study of Indigenous vegetable knowledge transfer of the Eastern region. **Journal of Health Sciences and Wellness**, 17(33), 117-128. (in Thai).

Kuhaswonvetch, S., Luepong, L., & Thanmatiwat, D. P. (2023). Technology transfer in production and using wood vinegar for the development of groups and networks of farmers planted mangoes for export in Chachoengsao Province. **King Mongkut's Agricultural Journal,** 41(3), 260-269**.** (in Thai). https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.12.28.009.

Njoku, J. I. K. (2022). Effectiveness of print media in technology transfer among rural farm households in Imo state, Nigeria. Association of Deans of Agriculture in Nigerian Universities (ADAN). **Journal of Agriculture**, 3(1), 8-19.

Newmann, F. M., Secada, W. G., & Wehlage, G. G. (1995). **A Guide to Authentic Instruction and Assessment: Vision, Standards, and Scoring**. Wisconsin Center Education Research.

Ong-iam, A., & Wijitpaisarn, P. (2018). Quality inspection of research tools. **Anesthesia**, 44(1), 36–42. (in Thai).

Paphayom District Agricultural Extension Office. (2020). **Farmer Registration**. Retrieved from: http://paphayom.phatthalung.doae.go.th/.

Petchapradit, R. (2017). **Agricultural and Agro-Industrial Technology Transfer Project in The Southern Central Region**. Retrieved from: https://ppi.psu.ac.th/project/1411.

Preedakorn, P., & Sitthilert, T. (2021). Research Strategies for Turmeric. **Association of Private Higher Education Institutions of Thailand**, 27(1), 63-80. (in Thai).

Rogers, E. M. (2003). **Diffusion of Innovation**. 5th Ed. Free Press.

Saweepong, K., Damnuan, S., & Tapsuriwon, S. (2021) The development of banana rope product as the standard of the quality of the local products in the area of ban khao subdistrict, Ranot district, Songkhla province. **Institute of Vocational Education Southern Region 3,** 1(1), 1-11**.** (in Thai).

Tassamalee, P., & Thunmathiwat, D. P. (2019). Satisfaction of young smart farmers towards the new agricultural entrepreneurs training course in Bangkok. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 37(4), 627-634. (in Thai).

The Federation of Thai Industries. (2024). **The Thai Herbal Market, an Important Opportunity for SMEs**. Retrieved from: https://km.fti.or.th/docs/km/fti-knowledge-sharing-11172/vol-24-. (in Thai).

Thitisutthi, S., & Kruekum, P. (2018). Factors affecting the farmers' need for organic vegetables promotion in the Maefaekmai sub-district, Sansai district, Chaing Mai province. **Journal of Agricultural Research & Extension**, 36(3), 86-9. (in Thai).

Uddin, M. N. (2008). **Agricultural Extension Services in Bangladesh: A Review Study Bulletin of the Institute of Vocational and Technical Education**. Bangladesh Agriculture University.

Waroonkun, T., & Stewart, R. A. (2008). Modeling the international technology transfer process in construction projects: Evidence from Thailand. **The Journal of Technology Transfer**, 33(1), 687-667.

การประเมินผลการอบรมเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษ จังหวัดสมุทรปราการ

An Evaluation of Training Outcomes for Farmers Participating in the Safe Herbs and Pesticide-Free Vegetables Production Promotion Program in Samut Prakan Province

นภัสสร น้อยสุวรรณ์[1], สุณีพร สุวรรณมณีพงศ์[1*], วิศรุต ตุ้ยศักดา[2] และศักดิ์ดา พรมหา[2]
Napassorn Noisuwan[1], Suneeporn Suwanmaeepong[1*], Wisarut Tuisakda[2] and Sakda Phrommaha[2]
Received date: 9 ก.พ. 68 Revised date: 30 เม.ย. 68 Accepted date: 15 พ.ค. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265569

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินผลการฝึกอบรมของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษ โดยเปรียบเทียบระดับความรู้ก่อนและหลังการอบรม 2) ศึกษาการนำความรู้จากการอบรมไปปฏิบัติจริง และ 3) ประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ โดยการเก็บข้อมูลใช้แบบสอบถามจากเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 60 ราย ซึ่งมีพื้นที่การดำเนินโครงการ 4 จุด ในจังหวัดสมุทรปราการ และวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและT-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 เพื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ของเกษตรกรก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการฝึกอบรม ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีระดับความรู้ก่อนการฝึกอบรมอยู่ในระดับสูงร้อยละ 50.00 และมีความรู้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 81.67 หลังการฝึกอบรม โดยมีค่าเฉลี่ยความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากค่าเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมที่ 13.15 เป็นค่าเฉลี่ยหลังการฝึกอบรมที่ 16.85 ($p < .01$) จาก 13.15 เป็น 16.85 ($p < .01$) โดยเกษตรกรนำความรู้ไปปฏิบัติจริงมากที่สุดในด้านการเก็บเกี่ยวและการจัดการดูแลหลังเก็บเกี่ยว (ร้อยละ 80.00) โดยเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมแสดงความพึงพอใจในระดับสูง (ค่าเฉลี่ย 4.33) ซึ่งบ่งชี้ว่าการถ่ายทอดความรู้ให้แก่เกษตรกร ที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษ จังหวัดสมุทรปราการประสบความสำเร็จ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรขยายผลกิจกรรมการอบรมไปยังพื้นที่อื่นๆ ต่อไป
คำสำคัญ: ประเมินผลการอบรม การผลิตสมุนไพร พืชผักปลอดภัย ความพึงพอใจ

Abstract

This study aimed to 1) evaluate the training results of farmers who participated in the project to promote the production of safe herbs and vegetables from toxic substances by comparing their knowledge levels before and after the training, 2) study the implementation of the knowledge from the training, and 3) evaluate the satisfaction of farmers who participated in the project. Data were collected using a questionnaire from 60 farmers who participated in the project, which were in 4 project implementation areas in Samut Prakan Province. Descriptive statistics and T-test were analyzed at a statistical significance level of .01 to compare the knowledge levels of farmers before and after participating in the training activities. The results of the study found that farmers had a high level of knowledge before the training at 50.00 percent and their knowledge increased to 81.67 percent after the training. The mean of knowledge increased significantly from the mean before training at 13.15 to the mean after training at 16.85 ($p < .01$), that is from 13.15 to 16.85 ($p < .01$). Farmers applied the knowledge the most in terms of harvesting and post-harvest management (80.00%). Farmers who participated in the training project expressed high satisfaction (mean 4.33), indicating that the knowledge transfer to farmers who participated in the project to promote the production of safe herbs and vegetables from toxic substances in Samut Prakan Province was successful and relevant agencies should expand the training activities to other areas.
Keywords: training evaluation, medicinal herb production, safe vegetables, satisfaction

[1] สำนักงานบริหารหลักสูตรสหวิทยาการเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[2] สำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10270
[1] Office of Administrative Interdisciplinary Program on Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520
[2] Samut Prakan Provincial Agricultural Office, Samut Prakan 10270
* Corresponding author: suneeporn.su@kmitl.ac.th

คำนำ

พื้นที่ทำการเกษตรของจังหวัดสมุทรปราการมีแนวโน้มลดลง อันเนื่องจากการขยายพื้นที่เมืองและอุตสาหกรรม พร้อมด้วยผลกระทบที่เกิดจากสภาวะโลกร้อนในลักษณะเดียวกันกับพื้นที่อื่น ส่งผลให้ผลิตผลทางการเกษตรลดลง ทำให้เกิดความผันผวนที่รุนแรงของราคาผลผลิตและรายได้ทางการเกษตร (Sakrik and Chansukree, 2017) ซึ่งโมเดลเศรษฐกิจ BCG เป็นหนึ่งในแนวนโยบายสำคัญที่นำมาเป็นฐานในการพัฒนาโดยมุ่งเน้น 3 ด้าน คือ 1) สร้างมูลค่าเพิ่มในการผลิตสินค้าเกษตรโดยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อมควบคู่มาตรฐานการผลิต 2) การสร้างรายได้และกระตุ้นแรงบันดาลใจในการทำเกษตรกรรมอย่างยั่งยืนให้กับระบบเศรษฐกิจฐานราก (Local Economy) และ 3) สร้างความยั่งยืนที่มีความปลอดภัยให้ผู้บริโภค พร้อมทั้งเสริมสร้างความอยู่ดีมีสุขของเกษตรกรและชุมชน จากสภาพการณ์ที่กล่าวมา สำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการซึ่งมีพันธกิจหลักในการส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกรให้มีศักยภาพการผลิตและจัดการผลผลิตเกษตร จึงต้องมีการจัดกิจกรรมเสริมความรู้ให้แก่เกษตรกร โดยคำนึงถึงความต้องการของเกษตรกรและพิจารณาผลผลิตพืชที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งจากรายงานปริมาณผลผลิตและราคาสินค้าเกษตรที่ออกสู่ตลาดปีการผลิต 2566 ของจังหวัดสมุทรปราการ พบว่าพืชผักสมุนไพรเป็นพืชที่ควรส่งเสริมให้เกษตรกรทำการผลิต เนื่องจากราคาพืชผักสมุนไพรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มจาก 11,648 บาท/ตัน ในปี 2562 เป็น 12,940 บาท/ตัน ในปี 2564 (Samut Prakan Provincial Agriculture Office, 2023)

จากข้อมูลข้างต้น สำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการจึงได้จัดทำโครงการยกระดับการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยได้มาตรฐานด้วยแนวทาง BCG Model แบบบูรณาการเพื่อยกระดับกระบวนการผลิตตลอดห่วงโซ่ ส่งเสริมเกษตรกรรมยั่งยืนในเมืองและขยายช่องทางการตลาด ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการขับเคลื่อนภาคการเกษตรด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยกิจกรรมหลักของโครงการ คือ การอบรมด้านการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษให้แก่เกษตรกร (Samut Prakan Provincial Agriculture Office, 2024) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความรู้แก่เกษตรกรเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการผลิต ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางการดำเนินการด้านโมเดลเศรษฐกิจ BCG ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อย่างไรก็ตาม โครงการอบรมตั้งแต่เดือนเมษายน ถึง เดือนกันยายน 2567 พบว่า ยังไม่ได้ดำเนินการประเมินผลโครงการและการวัดความพึงพอใจของเกษตรกรที่เข้าร่วมอบรมในโครงการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความสำคัญสำหรับการตัดสินใจปรับปรุงโครงการฝึกอบรมได้อย่างเป็นรูปธรรม

การประเมินผลโครงการอบรมนับว่ามีความสำคัญในการวัดความสำเร็จและการนำไปใช้ประโยชน์ (Department of Cooperative Promotion, 2014) รวมถึงสามารถสะท้อนความเชื่อมโยงในการเรียนรู้กับการเพิ่มรายได้ของเกษตรกร (Seehawong and Sunthornwipat, 2015) โดยการประเมินโครงการฝึกอบรมจะช่วยให้ได้สารสนเทศที่จำเป็นสำหรับการตัดสินใจเกี่ยวกับการวางแผน การปรับปรุงกระบวนการ การวัดความสำเร็จและความคุ้มค่า ตลอดจนการสร้างแรงจูงใจให้ผู้รับผิดชอบนำไปสู่การพัฒนาบริหารจัดการโครงการให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อบุคลากรและองค์การ (Ritcharoon, 2017) นอกจากนี้ ในการประเมินผลหลังจากโครงการดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วนั้นนับได้ว่าเป็นการประเมินเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินโครงการในอนาคต โดยพิจารณาจากความพึงพอใจและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง ทั้งนี้ ความพึงพอใจถือเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่สะท้อนทั้งคุณภาพของโครงการและความต้องการอบรมของเกษตรกรได้อีกด้วย (Tassamalee and Thammathiwat, 2019)

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้ จึงทำการประเมินผลการอบรมโครงการส่งเสริมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษจังหวัดสมุทรปราการ ที่ดำเนินการโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการ โดยทำการประเมินด้านความรู้ที่เกษตรกรได้รับและนำไปปฏิบัติ รวมถึงสำรวจความพึงพอใจในโครงการอบรม ผลการศึกษาจะเป็นสารสนเทศที่สำคัญที่จะช่วยให้สำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพและสอดคล้องความต้องการของเกษตรกร ซึ่งจะส่งผลต่อการดำเนินงานส่งเสริมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยในจังหวัดสมุทรปราการให้บรรลุเป้าหมายต่อไป

วิธีการศึกษา

ประชากร

กลุ่มประชากรเป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษซึ่งดำเนินการโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม 2567 ใน 4 พื้นที่ ได้แก่ หมู่ 1 และหมู่ 5 ตำบลบางด้วน อำเภอเมืองสมุทรปราการ หมู่ 3 ตำบลหนองปรือ อำเภอบางพลี และหมู่ 4 บ้านคลองสวน อำเภอพระสมุทรเจดีย์ โดยมีเกษตรกรเข้าร่วมโครงการพื้นที่ละ 15 ราย รวมทั้งสิ้น 60 ราย และเนื่องจากการศึกษานี้เป็นการประเมินผล

ระหว่างการดำเนินโครงการ จึงใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรทั้ง 60 รายที่เข้าร่วมกิจกรรมในช่วงการฝึกอบรม

เครื่องมือในการทำการวิจัย

การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งมีจำนวน 2 ชุด

ชุดที่ 1 แบบประเมินผลกิจกรรมก่อนการเข้าร่วมกิจกรรม ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร และ 2) ความรู้ของเกษตรกรก่อนเข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษ

ชุดที่ 2 แบบประเมินผลกิจกรรมหลังการเข้าร่วมอบรม ประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1) ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร

ส่วนที่ 2) ความรู้ของเกษตรกรหลังเข้าร่วมกิจกรรมส่งเสริมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษ โดยเป็นคำถาม ถูกและผิด จำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วย 7 ด้าน คือ 1) ด้านการปลูกและการดูแลรักษาพืช 2) ด้านการจัดการน้ำ ดิน ปุ๋ย 3) ด้านการจัดการศัตรูพืช 4) ด้านการเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว 5) ด้านการรับรองมาตรฐาน GAP พืช 6) ด้านการจัดตั้งกลุ่มและการบริหารจัดการกลุ่มอย่างยั่งยืน และ 7) ด้าน BCG Model

ส่วนที่ 3) การนำความรู้ไปปฏิบัติและไม่ปฏิบัติ รวมถึงข้อจำกัดที่ไม่ปฏิบัติ

ส่วนที่ 4) ความพึงพอใจต่อโครงการอบรม ใน 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านกระบวนการและขั้นตอนการจัดกิจกรรม 2) ด้านสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวก 3) ด้านวิทยากรและการบรรยาย และ 4) ด้านเจ้าหน้าที่โครงการ

ส่วนที่ 5) ข้อคิดเห็นต่อกิจกรรมการอบรมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษ

โดยเกณฑ์การวัดความพึงพอใจของเกษตรกร โดยใช้ Likert Scale 5 ระดับ (Tirakanan, 2014) ดังนี้

คะแนน	ระดับความพึงพอใจ
5	มากที่สุด
4	มาก
3	ปานกลาง
2	น้อย
1	น้อยที่สุด

การหาค่าความเที่ยงตรงตามวัตถุประสงค์ (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยผลการประเมินความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ คือ 1.00 (α = 1.00) ซึ่งมีค่า IOC มากกว่า 0.50 จึงถือว่าข้อคำถามมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Tuntavanitch and Jindasri, 2018) และมีการประชุมชี้แจงและทำความเข้าใจแบบสอบถามร่วมกันระหว่างเจ้าหน้าที่ฝึกอบรมก่อนนำไปเก็บข้อมูลจากเกษตรกร เพื่อให้มีความเข้าใจในข้อคำถามตรงกัน สามารถอธิบายให้แก่เกษตรกรได้อย่างถูกต้อง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ และการวิเคราะห์ระดับความรู้ ก่อนและหลังการอบรมของเกษตรกร โดยทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 20 คะแนน โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ (Siripanich, 1987) ดังนี้

1 – 7	=	มีความรู้ในระดับต่ำ
8 – 13	=	มีความรู้ในระดับปานกลาง
14 – 20	=	มีความรู้ในระดับสูง

ทำการเปรียบเทียบระดับความรู้ก่อนและหลังการอบรมโดยวิธีทางสถิติ T-test

การนำความรู้ที่ได้รับไปปฏิบัติและไม่ปฏิบัติ และข้อจำกัดที่ไม่นำความรู้ไปปฏิบัติ โดยจำแนกเป็น 7 ด้าน ได้แก่ ด้านการปลูกและการดูแลรักษาพืช ด้านการจัดการน้ำ ดิน ปุ๋ย ด้านการจัดการศัตรูพืช ด้านการเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ด้านการรับรองมาตรฐาน GAP พืช ด้านการจัดตั้งกลุ่มและการบริหารจัดการกลุ่มอย่างยั่งยืน และด้าน BCG Model และทำการวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่และค่าร้อยละ

และในส่วนการวิเคราะห์ความพึงพอใจของเกษตรกร ทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยมีหลักเกณฑ์วิเคราะห์ (Topurin, 2022) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยคะแนน	ระดับความพึงพอใจ
4.21 – 5.00	มากที่สุด
3.41 – 4.20	มาก
2.61 – 3.40	ปานกลาง
1.81 – 2.60	น้อย
1.00 – 1.80	น้อยที่สุด

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลทั่วไปและระดับความรู้ก่อนและหลังการเข้าร่วมอบรม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าอบรม พบว่า สัดส่วนเพศหญิงมีมากกว่า คิดเป็นร้อยละ 65.00 และมีอายุเฉลี่ยสูงกว่า 51 ปี ร้อยละ 90.00 สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ร้อยละ 28.33 มีอาชีพเกษตรกรรม ร้อยละ 58.33 อาศัยอยู่ในอำเภอเมืองสมุทรปราการ ร้อยละ 50.00 มีพื้นที่ทำการเกษตร น้อยกว่า 1 ไร่ ร้อยละ 68.33 และการจำหน่ายผลผลิตให้กับพ่อค้าทั่วไป ร้อยละ 55.00 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า งานเกษตรในพื้นที่นี้มีแนวโน้มการพึ่งพาแรงงานผู้สูงอายุและสตรี ซึ่งอาจส่งผลต่อความยั่งยืนของภาคเกษตรในระยะยาว เนื่องจากขาดแรงงานรุ่นใหม่ รวมถึงช่องทางการจำหน่ายผลผลิตไม่เชื่อมโยงกับผู้บริโภคโดยตรงและมีจำกัด ซึ่งอาจส่งผลต่ออำนาจต่อรองและรายได้ของเกษตรกร

สำหรับระดับความรู้ของเกษตรกรก่อนอบรม พบว่า ผู้เข้าอบรมส่วนมากมีความรู้ในเรื่องการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษในระดับสูง คิดเป็น ร้อยละ 50.00 และหลังอบรม ผลปรากฏว่า ด้านการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดสารพิษเกษตรกรมีความรู้อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 81.67 ดัง Table 1

Table 1 Frequency distribution of farmers' knowledge competency levels across agricultural domains

Farmers' Knowledge Level	Pre-training program		Post-training program	
	Frequency	Percent	Frequency	Percent
High	30	50.00	49	81.67
Medium	27	45.00	11	18.33
Low	3	5.00	-	-

ผลการเปรียบเทียบระดับความรู้ของเกษตรกรก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม โดยวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ T-test พบว่า ความรู้ทั้ง 20 คะแนน นั้น เกษตรกรมีความรู้เดิมก่อนอบรมโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 13.15 คะแนน และความรู้หลังอบรมโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 16.85 คะแนน มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนที่ระดับนัยสำคัญ .01 โดยมีรายละเอียดความรู้ทั้ง 7 ด้าน มี ดังนี้

ด้านการปลูกและการดูแลรักษา จำนวน 3 คะแนน พบว่า ก่อนอบรม เกษตรกรมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 1.98 คะแนน และหลังอบรม มีความรู้ที่ค่าเฉลี่ย 2.62 คะแนน ในการทดสอบ T-test พบว่า คะแนนก่อน-หลังอบรม แตกต่างกันที่ระดับ .01

ด้านการจัดการน้ำ ดินและปุ๋ย จำนวน 4 คะแนน พบว่า ก่อนอบรม เกษตรกรมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 3.37 คะแนน และหลังอบรม มีค่าเฉลี่ย 3.63 คะแนน ในการทดสอบ T-test พบว่า คะแนนก่อน-หลังอบรม แตกต่างกันที่ระดับ .05

ด้านการจัดการศัตรูพืช จำนวน 4 คะแนน พบว่า ก่อนอบรมเกษตรกรมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 2.75 คะแนน และหลังอบรมมีค่าเฉลี่ย 3.48 คะแนน ในการทดสอบ T-test พบว่า คะแนนก่อน-หลังอบรม แตกต่างกันที่ระดับ .01

ด้านการเก็บเกี่ยวและการดูแลหลังเก็บเกี่ยวจำนวน 3 คะแนน พบว่า ก่อนอบรม เกษตรกรมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 2.40 คะแนน และหลังอบรมมีค่าเฉลี่ย 2.65 คะแนน ในการทดสอบ T-test พบว่า คะแนนก่อน-หลังอบรม แตกต่างกันที่ระดับ.05

ด้านการรับรองมาตรฐาน GAP พืช จำนวน 2 คะแนน พบว่า ก่อนอบรม เกษตรกรมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 0.83 คะแนน และหลังอบรมมีค่าเฉลี่ย 1.62 คะแนน ในการทดสอบ T-test พบว่า คะแนนก่อน-หลังอบรม แตกต่างกันที่ระดับ.01

ด้านการจัดตั้งกลุ่มและการบริหารจัดการกลุ่มอย่างยั่งยืน จำนวน 2 คะแนน พบว่า ก่อนอบรม เกษตรกรมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 0.82 คะแนน และหลังอบรม มีค่าเฉลี่ย 1.27 คะแนน ในการทดสอบ T-test พบว่า คะแนนก่อน-หลังอบรมแตกต่างกันที่ระดับ .01

ด้าน BCG Model จำนวน 2 คะแนน พบว่า ก่อนอบรม เกษตรกรมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 1.00 คะแนน และหลังอบรมมีค่าเฉลี่ย 1.58 คะแนน และในการทดสอบ T-test พบว่า คะแนนก่อน-หลังอบรม แตกต่างกันที่ระดับ .01

จากการเปรียบเทียบความรู้ของเกษตรกรก่อนและหลังอบรมทั้ง 7 ด้านข้างต้น จะเห็นได้ว่า การอบรมส่งผลให้เกษตรกรมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกด้าน โดยคะแนนรวมเพิ่มจาก 13.15 เป็น 16.85 คะแนน แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ .01 ด้านที่มีการพัฒนามากที่สุดคือ ด้านการรับรองมาตรฐาน GAP พืช ด้าน BCG Model และด้านการจัดการศัตรูพืช ซึ่งมีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ .01 ส่วนด้านการจัดการน้ำ ดินและปุ๋ย และด้านการเก็บเกี่ยวฯ มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ .05 แสดงให้เห็นว่าการอบรมมีประสิทธิผลในการเพิ่มพูนความรู้แก่เกษตรกร โดยเฉพาะในด้านที่เกษตรกรมีความรู้เดิมน้อย ดัง Table 2

การนำความรู้ไปปฏิบัติและไม่ปฏิบัติ และข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้ความรู้

จาก Table 3 แสดงถึงสิ่งที่ค้นพบจากการศึกษาการนำความรู้จากการเข้าร่วมกิจกรรมไปปฏิบัติ พบว่า เกษตรกรนำความรู้หลังการอบรมไปปฏิบัติมากที่สุดในด้านการเก็บเกี่ยวและการดูแลหลังเก็บเกี่ยว (ร้อยละ 80.00) ซึ่งสะท้อนถึงเกษตรกรให้ความสำคัญกับคุณภาพผลผลิตและการรักษามูลค่าของผลผลิตและนำความรู้หลังการอบรมไปปฏิบัติมีสัดส่วนต่ำที่สุด คือ ด้านการปลูกและการดูแลรักษา (ร้อยละ 70.00) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงวิธีการปลูกและดูแลความเสี่ยงในการทดลองวิธีการใหม่ๆ และใช้เงินลงทุนสูงขึ้น

สำหรับการไม่นำความรู้หลังการอบรมไปปฏิบัติ จาก Table 4 พบว่า เกษตรกรไม่นำความรู้หลังการอบรมไปประยุกต์ใช้ในด้านการปลูกและการดูแลรักษา มากที่สุด (ร้อยละ 46.66) ซึ่งมีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้ความรู้ในด้านความไม่เหมาะสมของพื้นที่มากที่สุด (ร้อยละ 13.33) และไม่นำความรู้หลังการอบรมไปปฏิบัติน้อยที่สุดในด้านการเก็บเกี่ยวและการดูแลหลังเก็บเกี่ยว (ร้อยละ 25.00) ซึ่งข้อจำกัดมากที่สุด คือ ความรู้ที่ได้รับยังไม่สามารถปฏิบัติได้จริง ขาดวัสดุอุปกรณ์ และรอฤดูการผลิตใหม่ (ร้อยละ 5.0)

Table 2 Comparative analysis of farmers' knowledge levels: pre- and post-training assessment

Knowledge	Lowest	Maximum	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig
1.Planting and maintenance (3 items)						
Pre-training program	-	3	1.98	0.77	1.98	0.00**
Post-training program	-	3	2.62	0.58		
2.Water, soil and fertilizer management (4 items)						
Pre-training program	-	4	3.37	0.86	1.98	0.07*
Post-training program	-	4	3.63	0.76		
3.Pest management knowledge (4 items)						
Pre-training program	-	4	2.75	1.07	1.98	0.00**
Post-training program	1	4	3.48	0.81		
4.Harvesting and post-harvest management (3 items)						
Pre-training program	-	3	2.40	0.85	1.98	0.08*
Post-training program	-	3	2.65	0.71		
5.GAP plant certification standards (2 items)						
Pre-training program	-	2	0.83	0.58	1.98	0.00**
Post-training program	-	2	1.62	0.69		
6.Group establishment and sustainable group management (2 items)						
Pre-training program	-	2	0.82	0.81	1.98	0.00**
Post-training program	-	2	1.27	0.76		
7.BCG Model concept (2 items)						
Pre-training program	-	2	1.00	0.26	1.98	0.00**
Post-training program	-	2	1.58	0.56		
Overall (20 items)						
Pre-training program	1	19	13.15	3.07	1.98	0.00**
Post-training program	9	20	16.85	2.96		

* Statistically significant at the .05 level. **Statistically significant at the .01 level

Table 3 Post-training knowledge application: frequency distribution and implementation rates

Post-Training Knowledge Implementation Items	Frequency	Percent
Planting and maintenance	42	70.00
Water, soil and fertilizer management	45	75.00
Pest management	44	73.33
Harvesting and post-harvest management	48	80.00
Total	179	74.58

Table 4 Barriers to post-training knowledge implementation

Items	Frequency	Percent
Planting and maintenance		
Knowledge Gained is Not Practically Applicable.	5	8.33
Implementation of Process Complexity.	5	8.33
High Investment Requirements.	2	3.33
High Time Demands.	1	1.67
Insufficient Materials and Equipment	6	10.00
Seasonal Production Constraints	-	-
Unsuitable Area Conditions	8	13.33
Others	1	1.67
Total	28	46.66
Water, soil and fertilizer management		
Knowledge Gained is Not Practically Applicable.	4	6.67
Implementation of Process Complexity.	2	3.33
High Investment Requirements	5	8.33
High Time Demands	2	3.33
Insufficient Materials and Equipment	5	8.33
Seasonal Production Constraints	-	-
Unsuitable Area Conditions	6	10.00
Total	24	39.99
Pest management		
Knowledge Gained is Not Practically Applicable.	4	6.67
Implementation of Process Complexity.	2	3.33
High Investment Requirements	3	5.00
High Time Demands	2	3.33
Insufficient Materials and Equipment	5	8.33
Seasonal Production Constraints	-	-
Unsuitable Area Conditions	5	8.33
Total	21	34.99
Harvesting and post-harvest management		
Knowledge Gained is Not Practically Applicable.	3	5.00
Implementation of Process Complexity.	2	3.33
High Investment Requirements	3	5.00
High Time Demands	-	-
Insufficient Materials and Equipment	3	5.00
Seasonal Production Constraints	3	5.00
Unsuitable Area Conditions	1	1.67
Total	15	25.00

ผลการประเมินความรู้ก่อน-หลังอบรม พบว่า การอบรมการส่งเสริมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษ เกิดการพัฒนาความรู้ของเกษตรกรอย่างเห็นได้ชัด ดังจะเห็นได้จากความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ เพิ่มขึ้น 3.70 คะแนน หลังการเข้าร่วมกิจกรรมและมีเกษตรกรร้อยละ 81.67 ที่มีความรู้ในระดับสูงหลังจากการเข้าร่วมกิจกรรมถือเป็นผลที่ดีต่อการดำเนินการจัดกิจกรรม นอกจากนี้ ผู้เข้าร่วมโครงการได้นำความรู้ไปปฏิบัติจริงในด้านการเก็บเกี่ยวและการดูแลหลังเก็บเกี่ยวมากที่สุด (ร้อยละ 80.00) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การอบรมถ่ายทอดความรู้สู่เกษตรกรบรรลุเป้าหมายในการพัฒนาความรู้ของเกษตรกร ทั้งนี้ โครงการดังกล่าวยังสามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงในทางปฏิบัติได้จริง ช่วยส่งเสริมการผลิตสินค้าในพื้นที่ให้ปลอดภัยและได้มาตรฐานมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Angkhasakulkiat (2017) ที่กล่าวว่า แนวปฏิบัติในการผลิตพืชผักของเกษตรกรและการพัฒนาความรู้ผ่านการได้รับฝึกอบรมสามารถส่งเสริมความสำเร็จในอาชีพทางการเกษตรได้ ซึ่งเกษตรกรที่ได้รับการอบรมด้านเกษตรปลอดภัย จะเข้าใจหลักการทำการเกษตรปลอดภัยมากกว่าเกษตรกรที่ยังไม่ผ่านการอบรม (Kwang-Ngoen and Limnirunkul, 2017; Joedsak et.al. 2022) และสามารถนำไปปรับใช้ได้มากขึ้นด้วย

ความพึงพอใจการอบรมของเกษตรกร

จากผลการประเมินความพึงพอใจการอบรมของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.32) มีความพึงพอใจในด้านเจ้าหน้าที่โครงการมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.42) โดยเฉพาะด้านการให้บริการและการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ที่มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.47) ลำดับถัดมาคือด้านวิทยากร/การบรรยาย (ค่าเฉลี่ย 4.35) และค่าต่ำสุดคือ ด้านสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวก (ค่าเฉลี่ย 4.21) โดยเฉพาะความพร้อมของอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรม (ค่าเฉลี่ย 4.17) ดัง Table 5

จะเห็นได้ว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจในการบริการของเจ้าหน้าที่โครงการมากที่สุด เนื่องจากเจ้าหน้าที่ได้ให้บริการและอำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรเป็นอย่างดี รวมทั้งเสริมสร้างโอกาสให้เกษตรกรเข้าถึงกิจรรมการอบรมอย่างเต็มที่ในทุกขั้นตอนของการเข้าร่วมอบรม ซึ่งนอกจากจะสะท้อนถึงการทำงานที่มีประสิทธิภาพและยังสามารถบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในการเผยแพร่ความรู้เกษตรสู่เกษตรกร พร้อมทั้งการผลักดันงานส่งเสริมสู่การปฏิบัติจริง เพื่อคุณประโยชน์ต่อเกษตรกรและชุมชนท้องถิ่น (Kruekum et.al., 2020) และสอดคล้องกับ Keawnil (2021) ที่ระบุว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจในด้านการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ การเผยแพร่ความรู้และถ่ายทอดความรู้ของเจ้าหน้าที่ในรูปแบบที่เหมาะสมเกษตรกรมีความพึงพอใจก็มีส่วนช่วยให้เกษตรกรได้รับความรู้เพิ่มขึ้น โดยเกษตรกรมีความพึงพอใจในประเด็นด้านอุปกรณ์มีค่าต่ำที่สุด เนื่องมาจากอุปกรณ์อาจมีไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้เข้าอบรม และไม่ทันสมัยหรือไม่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ซึ่งหากวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรมมีความทันสมัยและสามารถใช้งานได้ดีนับว่าเป็นประเด็นสำคัญ ที่จะทำให้เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อการฝึกอบรมหลักสูตรในระดับมากขึ้น (Tassamalee and Thammathiwat, 2019)

ข้อคิดเห็นต่อกิจกรรมการอบรมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษ

จากข้อคิดเห็นต่อกิจกรรมการอบรมการผลิตสมุนไพรและพืชผักปลอดภัยจากสารพิษของเกษตรกร ระบุว่า ปัญหาส่วนใหญ่เป็นเรื่องของสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเพาะปลูกและผลผลิตของพืช ในบางพื้นที่เป็นเขตชุมชนเมืองซึ่งไม่เอื้อต่อการทำการเกษตร ขณะที่บางพื้นที่อยู่ติดกับลุ่มน้ำเค็ม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการดูแลพืช สำหรับด้านการเข้าร่วมกิจกรรมการฝึกอบรม เกษตรกรไม่ได้ประสบปัญหาแต่อย่างใด โดยมีข้อเสนอแนะที่สำคัญ คือ ให้มีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะอย่างต่อเนื่อง โดยใช้พื้นที่ต้นแบบสร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรปฏิบัติตาม รวมถึงสนับสนุนการพัฒนาและการต่อยอดของผลผลิต รวมทั้งอยากให้มีการเพิ่มองค์ความรู้ในการใช้สารชีวภาพจัดการศัตรูพืชแทนสารเคมีและต้องการให้มีการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกตามความต้องการของเกษตรกร เช่น วัสดุอุปกรณ์ ในการปลูก ปุ๋ยเมล็ดพันธุ์ ดิน และ ปูนขาว เป็นต้น ซึ่งมีงานวิจัยที่สอดคล้องกับข้อแนะนำจากเกษตรกรอาทิ งานวิจัยของ Kanta and Tasena (2022) ได้นำตัวอย่างการใช้วิธีการปลูกพืชในแนวดิ่งและการนำเทคโนโลยีการจัดการดินและน้ำเข้ามาช่วย สามารถเพิ่มผลผลิตได้ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านขนาด เช่นเดียวกับ Nosuansuwan (2024) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนาการผลิตพืชผักปลอดสารพิษในพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เขตชุมชน พบว่า การใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพในการปลูกพืชผักได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่า ร้อยละ 50 และทำให้ผลผลิตมีความปลอดภัย ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ขยายผลการอบรมเพิ่มเติมให้แก่เกษตรกรได้

Table 5 Farmers' satisfaction with training

Items	$\bar{x}$	S.D.	Interpretation
1. Activity Organization Process			
Overall Program Participation Satisfaction	4.47	0.62	Highest
Recruitment and Communication Process	4.28	0.67	Highest
Program Activities and Objectives Alignment.	4.20	0.67	High
Grand	4.31	0.65	Highest
2. Training Location and Facilities			
Training Place Readiness	4.20	0.66	High
Equipment and Resource Availability	4.17	0.78	High
Training Schedule Appropriateness.	4.18	0.65	High
Refreshment and Meal Service Quality	4.30	0.70	Highest
Grand	4.21	0.69	Highest
3. Agricultural Training Instructor			
Instructor Availability and Support	4.45	0.59	Highest
Training Materials and Media Quality.	4.32	0.62	Highest
Content Delivery Clarity	4.38	0.67	Highest
Communication Skills.	4.28	0.64	Highest
Grand	4.31	0.65	Highest
4. Agricultural Extension staff			
Staff Service Quality	4.47	0.62	Highest
Staff Coordination Effectiveness	4.37	0.64	Highest
Staff Support and Assistance	4.47	0.65	Highest
Staff Response to Inquiries	4.40	0.69	Highest
Grand	4.42	0.65	Highest

สรุปผลการศึกษา

การศึกษา พบว่า ผู้เข้าอบรมส่วนมากมีระดับความรู้ก่อนการเข้าร่วมการเข้าร่วมอบรมในระดับสูง (ร้อยละ 50.00) โดยมีความรู้ความเข้าใจด้านการจัดการ น้ำ ดินและปุ๋ย มากที่สุดมีค่าเฉลี่ย 3.37 คะแนน และหลังการเข้ารับการฝึกอบรม พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ในระดับสูง (ร้อยละ 81.67) โดยมีความรู้ด้านการจัดการ น้ำ ดินและปุ๋ยมากที่สุดเช่นกัน มีค่าเฉลี่ย 3.36 คะแนน ผลการเปรียบเทียบความรู้ของเกษตรกร ด้วยวิธีทางสถิติ ค่า T-test ชี้ว่า เกษตรกรมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเพิ่มขึ้น 3.70 คะแนน มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากค่าเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมที่ 13.15 เป็นค่าเฉลี่ยหลังการฝึกอบรมที่ 16.85 ($p < .01$) ซึ่งเกษตรกรได้นำความรู้ไปปฏิบัติจริง ในด้านการเก็บเกี่ยวและการดูแลหลังเก็บเกี่ยว มากที่สุด (ร้อยละ 80.00) โดยเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมแสดงความพึงพอใจต่อกิจกรรมอบรมโดยรวมระดับสูงสุด มีค่าเฉลี่ย 4.33 ซึ่งมีความพึงพอใจในด้านเจ้าหน้าที่โครงการมากที่สุดมีค่าเฉลี่ย 4.42 ส่วนข้อคิดเห็นของเกษตรกรต่อโครงการอบรมที่สำคัญ คือ เกษตรกรระบุว่าต้องการให้มีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะ รวมถึงศึกษาจากเกษตรกรต้นแบบ ตลอดจนสนับสนุนการพัฒนาและต่อยอดของผลผลิตและเสนอแนะให้ทางสำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรปราการมีการจัดกิจกรรมอบรมอย่างต่อเนื่อง

จากข้อค้นพบในการศึกษา จึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้ 1) เนื่องจากโครงการอบรมบรรลุเป้าหมายในการเพิ่มพูนความสามารถของเกษตรกร และมีผลการประเมินความพึงพอใจต่อกิจกรรมในระดับมากที่สุด จึงควรขยายผลที่ได้จากการอบรมไปยังพื้นที่อื่นๆ ในจังหวัดสมุทรปราการ ขณะเดียวกันก็ควรพัฒนาหลักสูตรเพิ่มเติมที่เน้นในประเด็นที่เกษตรกรยังมีความรู้น้อยหรือนำไปปฏิบัติน้อยเพื่อการพัฒนาที่ครอบคลุมทุกด้าน และ 2) ควรรักษาการให้การบริการที่มีคุณภาพ เนื่องจากเป็นจุดแข็งของโครงการที่ได้รับความชื่นชอบเป็นอย่างมาก พร้อมกับการปรับปรุงด้านอื่นๆ ของโครงการให้มีความประทับใจใกล้เคียงกับการให้บริการของผู้ปฏิบัติงานเพื่อยกระดับคุณภาพโครงการโดยรวม และ 3) พัฒนาคู่มือหรือแนวทางปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practice) การอบรมจากประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานโครงการเพื่อเป็นต้นแบบแก่โครงการอื่นในอนาคต

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: นภัสสร น้อยสุวรรณ์, วิศรุต ตุ้ยศักดา, ศักดิ์ดา พรมหา. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: นภัสสร น้อยสุวรรณ์, วิศรุต ตุ้ยศักดา, ศักดิ์ดา พรมหา, สุณีพร สุวรรณมณีพงศ์. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล: นภัสสร น้อยสุวรรณ์. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดงการเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: นภัสสร น้อยสุวรรณ์, สุณีพร สุวรรณมณีพงศ์. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: สุณีพร สุวรรณมณีพงศ์.

เอกสารอ้างอิง

Angkhasakulkiat, S. (2017). The relationship between the factors of gender, age, and education of farmers on the implementation of the extension center project. and producing community rice varieties in Sisaket Province. **Kaen Kaset Journal**, 45(2), 341-350. (in Thai).

Department of Cooperative Promotion. (2014). **Principles Observation Measurement–POM.** Department of Cooperative Promotion

Joedsak, A., Suwanmaneepong, S., & Thunmathiwat, P. P. (2022). Knowledge, attitudes and practices regarding good agricultural practices among rice farmers under the large agricultural plot scheme (LAPS) in Khlongudomchonlajorn, Chachoengsao Province, Thailand. **World Review of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development**, 18(3), 249–266. (in Thai).

Kanta, T., & Tasene, A. (2022). Guidelines for developing farmers leading to organic agriculture system of the housewife community enterprise group in Ban Kokko, Maekasa Sub-District, Mae Sot District, Tak Province. **Phetchabun Rajabhat Journal,** 24(1), 67-75. (in Thai).

Keawnil, P. (2021). **Satisfaction of Hill Tribe Farmers with the Project to Promote the Cultivation of Vegetables Safe from Toxic Chemicals in the Highlands of the Chiang Mai Highland Agricultural Promotion Center.** Retrieved from: https://tarr.arda.or.th/preview/item/2X02qbL2QBnvlkE7i-dL7?isAI=true. (in Thai).

Kruekum, P., Sakkatat, P., Vetchasitniraphai, N., & Jeerat, P. (2020). Factors relating expectation towards agricultural extension workers of farmers in Sansai District, Chiang Mai. **Journal of Agricultural Research and Extension**, 37(2), 112-121. (in Thai).

Kwang-Ngoen, P., & Limnirunkul, B. (2017). Perspectives and practices of good agricultural practice (GAP) of Hom Mali Rice growers in Maha Sarakham Province, **Khon Kaen Agricultural Journal**, 45(1), 580–587. (in Thai).

Nosuansuwan, T. (2024). **Development of a Pesticide-Free Vegetable Production System in Ching Mai's Urban Agricultural Ecosystem.** (A15F640032). Retrieved from: https://pmua.or.th/research/a15f640032/. (in Thai).

Ritcharoon, P. (2017). Training project evaluation: concepts, models, and evaluation process. **Stou Education Journal,** 10(1), 42-57. (in Thai).

Sakrik, D., & Chansukree, P. (2017). The impact of economic, social, institutional and climate change factors on income and expenses in the agricultural sector of Thai farmers. **Journal of Public Administration**, 5(18), 58-74. (in Thai).

Samut Prakan Provincial Agriculture Office. (2023). **Productivity Report and the Price of Agricultural Products Entering the Market this Year Production 2023 Samut Prakan Province.** Department of Agricultural Extension. (in Thai).

Samut Prakan Provincial Agriculture Office. (2024). **Provincial Group Budget Project Manual Fiscal Year.** Department of Agricultural Extension. (in Thai).

Seehawong, A., & Sunthornwipat, L. N. (2015). Evaluation of farmer training under the agricultural development project according to A new theory based on the sufficiency economy philosophy Samut Songkhram Province. **Journal of Interdisciplinary Research: Graduate Edition**, 4(1), 101-104. (in Thai).

Siripanich, R. (1987). **Principles of Creating Psychological and Educational Measures.** Charoenwit Printing. (in Thai).

Tassamalee, P., & Thammathiwat, D. P. (2019). Satisfaction of new generations of farmers with training courses to prepare them to become new generations of agricultural entrepreneurs. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 37(4), 627-634. (in Thai).

Tirakanan, S. (2014). **Social Science Research Methodology.** Chulalongkorn University Printing House. (in Thai).

Topurin, M. (2022). **Study of Students' Satisfaction and Needs regarding the Curriculum. B.A. in Information Studies Faculty of Humanities Srinakharinwirot University.** Retrieved from: https://ir.swu.ac.th/jspui/bitstream/123456789/27844/1/IS-report_curr-2565.pdf. (in Thai).

Tuntavanitch, P., & Jindasri, P. (2018). The Real Meaning of IOC. **Journal of Educational Sciences Mahasarakham University**, 24(2), 1-10. (in Thai).

การพัฒนาฉลากสินค้าปลาดุกเส้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

Development of Catfish Strips Labels of Lam Sai Phatthana Community Enterprise Group, Lamsai Subdistrict, Lam Luk Ka District, Pathum Thani Province

ปภาวรินทร์ นุริตนนท์[1], ฉันท์หทัย เกิดศรีเสริม[1*] และอัชดา มนต์เทวัญ[2]
Papawarin Nuritanon[1], Chanhathai Kerdsriserm[1*] and Aschada Montawan[2]
Received date: 1 ม.ค. 68 Revised date: 30 มี.ค. 68 Accepted date: 19 พ.ค. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ปัญหาและความต้องการในการออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์ปลาดุกเส้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 2) พัฒนาฉลากสินค้าปลาดุกเส้น และ 3) ประเมินระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคและสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีต่อฉลากสินค้าที่พัฒนาขึ้น โดยการใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา จำนวน 17 คน และเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบสอบถามผู้บริโภค จำนวน 151 คน ผลการวิจัย พบว่า ฉลากสินค้าเดิมยังขาดความน่าสนใจ เนื่องจากไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังไม่สามารถสะท้อนภาพลักษณ์หรือเอกลักษณ์ของชุมชนได้อย่างชัดเจน จึงได้ดำเนินการพัฒนาแบบฉลากสินค้าใหม่จำนวน 5 คู่ แบ่งออกเป็น 2 รสชาติ ได้แก่ รสหวาน 5 แบบ และรสดั้งเดิม 5 แบบ โดยใช้สีสัน ลวดลาย และภาพประกอบที่สื่อถึงรสชาติและธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ จากผลการประเมินความพึงพอใจ พบว่าผู้บริโภคมีระดับความพึงพอใจต่อฉลากที่พัฒนาอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 3.75) โดยเฉพาะในด้านรายละเอียดสินค้า ความเป็นเอกลักษณ์ของฉลาก และภาพลักษณ์โดยรวม การออกแบบฉลากใหม่นี้ช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือ ลดภาพลักษณ์เชิงลบของปลาดุก และเพิ่มแรงจูงใจในการซื้อของผู้บริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาฉลากสินค้าชุมชนอื่น ๆ ที่ต้องการสร้างความแตกต่าง และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การพัฒนาฉลากสินค้า ความพึงพอใจ ปลาดุกเส้น กลุ่มวิสาหกิจชุมชน

Abstract

This study aims to: 1) analyze the problems and design needs related to product labeling for shredded catfish produced by the Lamsai Pattana Community Enterprise Group in Lamsai Subdistrict, Lam Luk Ka District, Pathum Thani Province, 2) develop improved product labels for shredded catfish, and 3) evaluate consumer and community member satisfaction with the newly designed labels. A mixed-methods approach was employed, integrating both qualitative and quantitative data. Qualitative data were collected through in-depth interviews with 17 members of the community enterprise group, while quantitative data were obtained from 151 consumers using structured questionnaires. The results revealed that the existing product labels lacked visual appeal and failed to effectively instill consumer confidence. Moreover, the original labels did not clearly represent the identity or uniqueness of the local community. In response, ten new label designs were developed, divided into two categories: sweet-flavored and original-flavored products. These designs incorporated specific color schemes, patterns, and illustrations intended to communicate the flavor and natural characteristics of the products. According to the satisfaction evaluation, consumers expressed a high level of satisfaction with the redesigned labels ($\bar{x}$= 3.75). Key aspects that contributed to this positive response included the clarity of product information, the uniqueness of the label design, and the overall brand image. The redesigned labels were shown to significantly enhance product credibility, mitigate the negative perception

[1] สำนักงานบริหารหลักสูตรสหวิทยาการเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[2] สำนักงานเกษตรอำเภอลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150
[1] Office of Administrative Interdisciplinary Program on Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520
[2] Lam Luk Ka District Agricultural Office, Pathum Thani 12150
* Corresponding author, Email: Chanhathai.ke@kmitl.ac.th

often associated with catfish, and effectively motivate consumer purchase intentions. This research contributes practical insights into label development for community-based products, emphasizing the importance of culturally reflective design elements. The findings suggest that effective product labeling can play a critical role in strengthening brand identity, differentiating products in competitive markets, and supporting the growth and sustainability of local community enterprises.

Keywords: product label development, satisfaction, catfish strips, community enterprise group

คำนำ

ในปัจจุบัน การเลี้ยงปลาดุกได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในกลุ่มเกษตรกร เนื่องจากปลาดุกเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณสมบัติเด่นหลายประการ โดยปลาดุกสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาเพียง 3-5 เดือน อีกทั้งยังมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและโรคต่าง ๆ ทำให้ความเสี่ยงต่อการสูญเสียลดลง (Palangkaset, n.d.) ทั้งนี้ การเลี้ยงปลาดุกไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่มากนัก จึงเหมาะกับผู้ที่มีพื้นที่ใช้สอยจำกัด หรือมีพื้นที่เหลือจากการประกอบกิจกรรมเกษตรประเภทอื่น การเลี้ยงปลาดุกยังมีข้อได้เปรียบด้านต้นทุนการผลิต เนื่องจากสามารถใช้อาหารจากวัสดุในท้องถิ่น เช่น เศษอาหารหรือวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ซึ่งช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างกำไรแก่เกษตรกร (Kaset Today, n.d.)

ปลาดุกถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความนิยมในหลายประเทศ โดยเฉพาะในประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู ปลาดุกเป็นปลาน้ำจืดที่อาศัยในน้ำโคลนและสามารถปรับตัวอยู่ได้ทั้งในน้ำที่นิ่งและน้ำที่ไหล ซึ่งทำให้ได้รับความนิยมในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะ “ปลาดุกบิ๊กอุย” (Line Today, n.d.). ที่ได้รับความนิยมอย่างสูงในตลาด มีการผลิตเฉลี่ยถึง 107,584 ตันต่อปี (Department of Fisheries, 2023) และสามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรสูงถึง 62,951.22 บาทต่อเดือน ทั้งนี้ การขยายตัวของการเลี้ยงปลาดุกในจำนวนมากทำให้ราคาปลาดุกในตลาดลดลงโดยเฉลี่ย 10.5% (Nakhong, 2022) ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรต้องปรับตัวเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์การแปรรูปปลาดุกเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ปลาดุกแดดเดียว ปลาดุกเส้นหวาน หรือหนังปลาดุกทอดกรอบ เพื่อรองรับความต้องการที่แตกต่างของผู้บริโภค

เนื่องจากปัญหาราคาปลาดุกลดลง เกษตรกรในพื้นที่จึงดำเนินการแปรรูปปลาดุกเป็นปลาแดดเดียว เพื่อจำหน่ายภายในชุมชน ต่อมาเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความนิยม จึงมีการจัดตั้งกลุ่มและจดทะเบียนเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา (Office of Agriculture, Lam Luk Ka District, n.d.) พร้อมทั้งพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม ได้แก่ ปลาดุกเส้นเค็ม ปลาดุกเส้นหวาน และหนังปลาดุกทอดกรอบ Sompra (2018) นอกจากนี้กลุ่มยังได้เข้าร่วมโครงการ หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (One Tambon One Product: OTOP) ส่งผลให้สามารถขยายตลาดได้ทั้งในระดับจังหวัดและระดับประเทศ (Office of Agriculture, Lam Luk Ka District, 2023)

แม้ว่าผลิตภัณฑ์จากปลาดุกจะได้รับการยอมรับในกลุ่มผู้บริโภคบางส่วน แต่ยังมีข้อกังวลในบางกลุ่มเกี่ยวกับรูปลักษณ์ กลิ่น ภาพจำเกี่ยวกับปลาดุกที่ไม่ดี ทำให้อาจสร้างความไม่มั่นใจในด้านความสะอาดและรสชาติของผลิตภัณฑ์ การพัฒนาฉลากสินค้าให้มีความเหมาะสม จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยจากการศึกษาของ Worapongpat et al. (2023) พบว่า การพัฒนาบรรจุภัณฑ์และฉลากสินค้าผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อสุขภาพ ตราพระคุณแม่ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ข้าวพระคุณแม่เกษตรเข้มแข็ง ตำบลหอมเกร็ด อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ต้องให้ความสำคัญกับความสวยงามของฉลากสินค้า รายละเอียดของสินค้า ช่องทางการติดต่อ ให้มีความทันสมัย ช่วยดึงดูดให้ลูกค้าสนใจมากขึ้น อีกทั้งยังพบว่า การออกแบบฉลากสินค้ามีปัจจัยหลัก 3 ด้าน ได้แก่ รูปภาพ สี และตัวอักษร ซึ่งมีผลต่อการสร้างความเชื่อมั่นและความน่าสนใจในผลิตภัณฑ์ให้กับผู้บริโภค โดยการใช้ภาพจริง สีเข้ม และตัวอักษรหนา ถือเป็นการออกแบบที่ผู้บริโภคต้องการและตอบสนองได้ดีที่สุด (Bussarakham, 2022)

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์ปลาดุกเส้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในการพัฒนาฉลากสินค้า จากนั้นจึงดำเนินการออกแบบฉลากสินค้าปลาดุกเส้นให้เหมาะสมกับภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ และทำการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อฉลากสินค้าที่ได้รับการพัฒนา โดยมุ่งหวังให้การออกแบบฉลากสินค้าเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างความมั่นใจและความสนใจจากผู้บริโภค รวมถึงช่วยเพิ่มการยอมรับในตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ประกอบด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพ และการวิจัยเชิงปริมาณ โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลใน 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ การพัฒนาฉลากสินค้าปลาดุกเส้น

ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา ได้ดำเนินการโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) กับผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 17 คน ซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา โดยศึกษาทิศทางในความต้องการพัฒนาฉลากสินค้าปลาดุกเส้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา โดยเน้นให้ฉลากมีความทนทาน ใช้วัสดุที่เหมาะสม และออกแบบให้โดดเด่น มีเอกลักษณ์ เช่น การใช้ลวดลายไทยหรือกราฟิกที่สื่อถึงความเป็นธรรมชาติและรสชาติของผลิตภัณฑ์ ควรมีการบอกเล่าเรื่องราวของสินค้า (Storytelling) และปรับปรุงขนาดฉลากให้เหมาะสม เพื่อดึงดูดผู้บริโภคมากขึ้น และ 2) การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจต่อฉลากสินค้าปลาดุกเส้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา แบบสอบถามที่ใช้เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตาม Likert Scale โดยผู้บริโภค จำนวน 1,000 คน ได้จากจำนวนผู้บริโภคที่ติดตามเพจ Facebook ปลาดุกเส้นหวาน จำนวน 1,000 คน และทำการคำนวณหากลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน (Yamane, 1973)

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในการเลือกตัวอย่าง = 0.10

$$n = \frac{1{,}000}{1 + 1{,}000(0.10)^2}$$

n = 91 คน

จากการคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโรยามาเน พบว่าได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 91 คน สำหรับการเก็บข้อมูลแบบสอบถามผ่านช่องทางออนไลน์ จากระยะเวลาในการเก็บข้อมูล มีผู้ตอบแบบสอบถามถึง 151 คน เพื่อความน่าเชื่อถือผู้วิจัยจึงเก็บทั้งหมด 151 คน

การตรวจสอบเครื่องมือ นำแบบสอบถามฉบับร่างที่ผ่านการแก้ไขเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม โดยขอความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผ่านการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของแบบสัมภาษณ์พบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.66 - 1.0

นำข้อมูลที่รวบรวมผ่านการทำแบบสอบถามเชิงปริมาณมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการตามขั้นตอนการแจกแจงความถี่ และใช้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเป็นเกณฑ์หลักในการพิจารณาระดับความคิดเห็น โดยเกณฑ์การวัดระดับความคิดเห็นถูกกำหนดไว้ 5 ระดับตามแนวทางของ Eiadkaew (2024)

คะแนนเฉลี่ย	4.21 - 5.00	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.41 - 4.20	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.61 - 3.40	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.81 - 2.60	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 - 1.80	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาฉลากสินค้าปลาดุกเส้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริโภคจำนวน 151 คน เป็นเพศชาย 64 คน เพศหญิง 87 คน อายุระหว่าง 20 - 60 ปี ประกอบอาชีพพนักงานประจำเป็นส่วนใหญ่ จำนวน 49 คน หลังจากได้เก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการศึกษาแยกตามวัตถุประสงค์ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา พบว่า ปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบฉลากสินค้าปลาดุกเส้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี โดยส่วนใหญ่มีปัญหาในด้านรูปลักษณ์ของปลาดุก กลิ่นของปลาดุก และรสสัมผัส ทำให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่เกิดความกังวลเมื่อได้เห็นสินค้าที่แปรรูปมาจากปลาดุก อีกทั้งฉลากสินค้าเดิมยังขาดความน่าสนใจและไม่สามารถสร้างความจดจำแก่ผู้บริโภคได้อย่างเพียงพอทั้งตราสินค้า

สีของฉลากที่สามารถกระตุ้นความต้องการได้ อีกทั้งยังไม่สามารถสร้างความน่าจดจำให้กับผู้บริโภคได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Jaimun et al. (2020) ที่กล่าวว่า ตราสินค้าแบบตัวอักษรมีข้อดีตรงที่สามารถอ่านชื่อและจดจำตราสินค้าไปพร้อม ๆ กัน ในขณะที่ตราสินค้าแบบรูปภาพ โดยมีข้อดีตรงที่สามารถจดจำได้ง่าย ข้อดีเหล่านี้รวมอยู่ในตราสินค้าแบบผสมผสานที่มีทั้งข้อความและภาพ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า การพัฒนาฉลากสินค้าปลาดุกเส้นสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ดำเนินการโดยการสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา เพื่อหาแนวทางพัฒนาฉลากสินค้า ซึ่งสอดคล้องกับ Joungtrakul et al. (2021) ที่กล่าวว่า การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพที่มุ่งเน้นการสนทนาอย่างละเอียด และลึกซึ้งกับผู้ให้ข้อมูล เพื่อให้ได้มุมมอง ประสบการณ์ และความคิดเห็นที่แท้จริงของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ วิธีการนี้ช่วยให้นักวิจัยสามารถเข้าใจบริบทและความหมายที่ซับซ้อนของข้อมูลที่ได้รับการพัฒนาแนวทางการสัมภาษณ์เชิงลึกที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญในการเก็บข้อมูลที่มีคุณภาพ และสอดคล้องกับ (Parkkaman and Nuanyang, 2024) ที่กล่าวว่า การพัฒนาฉลากสินค้าควรมุ่งเน้นให้ฉลากและตราสินค้าสะท้อนอัตลักษณ์ของชุมชน สื่อถึงแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์ และสร้างความโดดเด่นในตลาด โดยใช้กระบวนการออกแบบที่มีส่วนร่วมจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน หน่วยงานภาครัฐ และผู้นำท้องถิ่น นอกจากนี้ ยังให้ความสำคัญกับสีสันและวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยเพิ่มความน่าสนใจและความสะดวกในการใช้งาน โดยไม่เพียงแต่การเพิ่มความสวยงามให้กับฉลากสินค้าแต่ยังสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ฉลากสินค้าแบบเดิมไม่สามารถแก้ได้ เช่น การแก้ปัญหาด้านรูปลักษณ์ของปลาดุก เนื่องจาก ผู้วิจัยได้แก้ไขด้วยการใช้ภาพการ์ตูน ที่เป็นภาพประกอบและตราสินค้า เพื่อช่วยลดความน่ากลัวของปลาดุกได้ นอกจากนี้ยังมีการแก้ไขด้านตราสินค้า ที่ปรับเปลี่ยนให้มีความเหมาะสมกับผู้บริโภคทุกวัยและยังสร้างความน่าจดจำได้ (Kerdthip and Kalee, 2024) รวมไปถึงการแก้ไขสีของฉลากสินค้า ซึ่งได้เลือกสีที่มีความสามารถกระตุ้นให้เกิดความอยากอาหาร (Figure 1)

Figure 1 Old product label

การออกแบบฉลากสินค้าปลาดุกเส้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา ได้มีการพัฒนาฉลากใหม่จำนวน 5 คู่ โดยมีความโดดเด่นในด้านสีสัน และการนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับสินค้า ซึ่งช่วยสร้างความน่าเชื่อถือ และทำให้ลูกค้าเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงการเพิ่มความโดดเด่นของตราสินค้ายังทำให้ผลิตภัณฑ์มีเอกลักษณ์ และสามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้อย่างชัดเจน โดยการออกแบบฉลากสินค้า แบ่งออกเป็น 2 รสชาติ ดังนี้

1. ฉลากสินค้าปลาดุกเส้นรสหวาน จำนวน 5 แบบ โดยมีการเลือกใช้สีสันที่ให้ความรู้สึกผ่อนคลาย และอบอุ่น ซึ่งได้รับแรงบันดาลใจจากฉลากขนมหวาน เพื่อดึงดูดผู้บริโภคที่ชื่นชอบรสหวาน สีที่เลือกจึงใช้เพื่อบ่งบอกถึงรสชาติ เพื่อให้ผู้บริโภคที่มีความชื่นชอบรสหวานสามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์ได้ง่าย และสื่อถึงความสะดวกในการรับประทานผลิตภัณฑ์ (Figure 2)

Figure 2 Sweet-Flavored Catfish Strips Product Label Designed by the Researcher. The selected colors are inspired by desserts in order to attract individuals who have a preference for sweet flavors

2. ฉลากสินค้าปลาดุกเส้นรสเค็ม (รสดั้งเดิม) จำนวน 5 แบบ โดยมีการเลือกสีสันที่ช่วยกระตุ้นความอยากรับประทานจากการใช้สีสันที่ฉูดฉาด สดใส และด้วยที่เป็นรสเค็มจึงได้ใช้สีโทนอุ่น เพื่อเป็นการกระตุ้นและดึงดูด และเลือกใช้สีโทนเย็นเพื่อสื่อถึงน้ำ โดยมีการผสมผสานระหว่างสีโทนอุ่นและสีโทนเย็น เพื่อเพิ่มความน่าสนใจในการรับประทานและสื่อถึงรสชาติของผลิตภัณฑ์ (Figure 3)

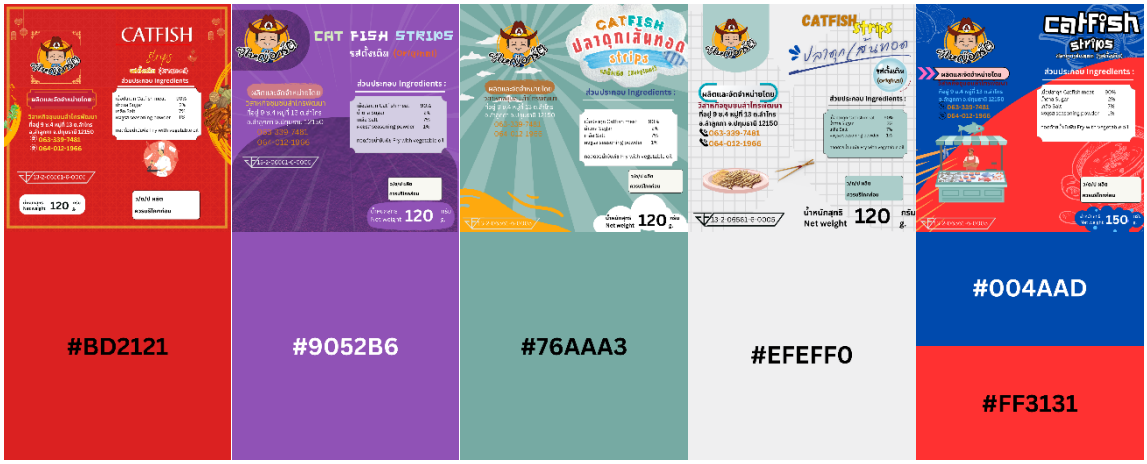


Figure 3 Original-Flavored Catfish Strips Product Label Designed by the Researcher. The selected colors are inspired by spices and herbs to attract consumers, combined with natural tones to signify flavors that are minimally processed

จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ความต้องการของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ได้ระบุความต้องการในด้านการพัฒนาฉลากสินค้า ผู้วิจัยได้พัฒนาฉลากสินค้าด้าน รูปแบบ วัสดุที่ใช้ทำฉลาก ตราสินค้า ความเป็นเอกลักษณ์ รายละเอียดสินค้า และรูปภาพ รวมทั้งหมด 5 คู่ (Figure 2, 3) จากนั้นทำการส่งข้อมูลความพึงพอใจไปให้แก่สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา เพื่อพิจารณาเลือกฉลากสินค้า จำนวน 1 คู่ ได้แก่ คู่ที่ 1 ก่อนนำแบบที่ได้ไปให้ผู้บริโภคประเมินความพึงพอใจต่อไป (Figure 4)

Figure 4 new product label

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 พบว่าการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อฉลากสินค้า ในด้านรูปแบบฉลากสินค้า ด้านวัสดุที่ใช้ทำฉลากสินค้า ด้านตราสินค้า ด้านความเป็นเอกลักษณ์ ด้านรายละเอียดสินค้า และด้านรูปภาพ โดยสอบถามจากผู้บริโภคจำนวน 151 ราย พบว่า มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ที่ 3.75 สามารถสรุปได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในระดับมากต่อฉลากสินค้าที่ออกแบบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Eiadkaew (2024) โดยได้กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกในเชิงบวก ที่แสดงถึงความชอบ ความสบายใจ และความสุขต่อสภาพแวดล้อมในด้านต่าง ๆ โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นว่า ลวดลายและสีสันบนฉลากสินค้าช่วยกระตุ้นความอยากอาหารและทำให้ปลาดุกดูน่ากลัวน้อยลง พร้อมทั้งประโยคที่ใช้ภาษาทางการ อีกทั้งฉลากสินค้าดังกล่าวยังเหมาะสมกับทุกช่วงวัย ซึ่งสื่อถึงความเหมาะสมในการใช้งานของสินค้าสำหรับทั้งเด็กและผู้ใหญ่

ข้อมูลเศรษฐกิจสังคมของผู้บริโภค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเศรษฐกิจสังคมของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 55.63) มีช่วงอายุระหว่าง 21-30 ปี (ร้อยละ 49.67) ส่วนใหญ่มีสถานภาพโสด (ร้อยละ 45.70) และระดับการศึกษาสูงสุดอยู่ที่ปริญญาตรี (ร้อยละ 43.71) ประกอบอาชีพพนักงานประจำ (ร้อยละ 32.45) โดยมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง 10,001-15,000 บาท (ร้อยละ 41.06) (Table 1)

Table 1 Economic and social data of consumers

Characteristics	Consumers (n = 151)	
	Frequency (n)	Percentage (%)
Gender		
Male	67	44.37
Female	84	55.63
Age		
≤ 20 years	3	1.99
21-30 years	75	49.67
30-40 years	33	21.85
41-50 years	32	13.91
51-60 years	19	12.58
Status		
single	69	45.70
Married	27	17.88
Widow	5	3.31
Divorce	5	3.31
High School / Vocational Certificate	21	10.60
Diploma /high vocational certificate	39	25.83
Occupation		
Student	33	21.85
General Labor	15	9.94
Trading Business	33	21.85
Agricultural Operation	21	13.91
Private Employee	49	32.45
Average Monthly Income (Baht/Month)		
≤ 10,000 Bath	39	25.83
10,001-15,000 Bath	62	41.06
15,001-20,000 Bath	40	26.49
20,001-25,000 Bath	7	4.64
More than 25,000 Bath	3	1.98

ความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อฉลากสินค้าปลาดุกเส้น

จากการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อฉลากสินค้าปลาดุกเส้น แสดงให้เห็นว่า มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$ = 3.75) ในด้านรูปแบบฉลากสินค้า มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.69) สำหรับด้านวัสดุที่ใช้ทำฉลากสินค้า มีระดับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.75) ด้านตราสินค้า มีระดับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.75) ด้านความเป็นเอกลักษณ์ มีระดับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.79) ด้านรายละเอียดสินค้า มีระดับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.81) และด้านรูปภาพ มีระดับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.79) จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงการตอบรับที่ดีต่อฉลากสินค้าในหลากหลายด้านจากทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค (Table 2)

Table 2 Summary of mean, standard deviation, and consumer satisfaction levels

Product label structure satisfaction assessment list	Consumers (n = 151)		
	$\bar{x}$	S.D.	Moderate
1. Product Label Shape	3.69	0.76	High
2. Materials used for making product labels	3.75	0.73	High
3. Brand	3.75	0.75	High
4. Uniqueness	3.79	0.75	High
5. Product Details	3.81	0.77	High
6. Images	3.79	0.77	High
Total	3.75	0.76	High

การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อฉลากสินค้าแบบรายข้อ

1. ด้านรูปแบบฉลากสินค้า ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจ แสดงให้เห็นว่า ความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ในระดับมาก โดยรูปร่างของฉลากสินค้า มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ ($\bar{x}$ = 3.75, S.D. = 0.73) และความเหมาะสมของฉลากสินค้าอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.70, S.D. = 0.81) ความสามารถในการมองเห็นสินค้าได้อย่างชัดเจนได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.63, S.D. = 0.76) ลักษณะคุณภาพของฉลากสินค้า มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ ($\bar{x}$ = 3.71, S.D. = 0.78)

นอกจากนี้ ความเรียบร้อยของการติดฉลากสินค้า และความสามารถในการดึงดูดผู้บริโภคด้วยสีสันได้รับการประเมินในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 3.68, S.D. = 0.74) และ ($\bar{x}$ = 3.65, S.D. = 0.74) ตามลำดับ ในส่วนของการแก้ไขปัญหาภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ปลาดุก ฉลากสินค้าได้รับคะแนนความพึงพอใจในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.71, S.D. = 0.78)

2. วัสดุที่ใช้ทำฉลากสินค้า ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจ พบว่า ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตสินค้ามีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.73, S.D. = 0.73) และความแข็งแรงทนทานของฉลากสินค้าได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.77, S.D. = 0.72)

3. ตราสินค้า ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจ พบว่า ความเด่นชัดของตราสินค้าบนฉลากสินค้าได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.77, S.D. = 0.72) ส่วนการสร้างความทรงจำที่น่าประทับใจและสามารถจดจำได้ง่ายได้รับความพึงพอใจในระดับมากเช่นกัน ($\bar{x}$ = 3.72, S.D. = 0.77)

4. ความเป็นเอกลักษณ์ ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจ พบว่า ฉลากสินค้าสามารถแสดงเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ โดยมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = 0.75) และเอกลักษณ์ของฉลากสินค้าช่วยให้ผู้บริโภคจำได้ง่าย ($\bar{x}$ = 3.72, S.D. = 0.75)

5. รายละเอียดสินค้า ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจ พบว่า ความครบถ้วนของข้อมูลสำคัญที่ผู้บริโภคควรทราบได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = 0.75) และความชัดเจนในการแสดงข้อมูลบนฉลากสินค้าได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.76, S.D. = 0.79)

6. รูปภาพ ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจ พบว่า ความสวยงามของภาพประกอบบนฉลากได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.77, S.D. = 0.72) และลวดลายบนตัวฉลากสินค้าสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ($\bar{x}$ = 3.84, S.D. = 0.80) ภาพประกอบที่ใช้บนฉลากช่วยสร้างความน่าสนใจให้กับสินค้าได้ดี ($\bar{x}$ = 3.73, S.D. = 0.72) โดยภาพรวมของฉลากสินค้าช่วยสร้างการจดจำผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ($\bar{x}$ = 3.83, S.D. = 0.84) (Table 3)

Table 3 Average satisfaction level of members and consumers

Product label structure satisfaction assessment list	Consumers (n = 151)		
	$\bar{x}$	S.D.	Moderate
1. Product Label Shape			
1.1 Product label shape	3.75	0.73	High
1.2 Appropriateness of product label size	3.70	0.81	High
1.3 The product label can be clearly seen	3.63	0.76	High
1.4 Product label quality	3.71	0.78	High
1.5 Neatness of the product label	3.68	0.74	High
1.6 Ability of the label's color to attract consumers	3.65	0.74	High
1.7 Ability to improve the catfish's image	3.71	0.78	High
2. Materials used for making product labels			
2.1 Type of material used for the label	3.73	0.73	High
2.2 Durability of the label material	3.77	0.72	High
3. Brand			
3.1 Brand visibility on the product label	3.77	0.72	High
3.2 Memorability and easy recognition of the brand	3.72	0.77	High
4. Uniqueness			
4.1 Ability to convey product uniqueness	3.85	0.75	High
4.2 Easy brand recognition due to uniqueness	3.72	0.75	High
5. Product Details			
5.1 Completeness of important product information	3.85	0.75	High
5.2 Clarity of product information on the label	3.76	0.79	High
6. Images			
6.1 Beauty of images used on the product label	3.77	0.72	High
6.2 Clarity of design patterns on the label	3.84	0.80	High
6.3 Images used help enhance the product's appeal	3.73	0.72	High
6.4 Overall image of the label makes the product memorable	3.83	0.84	High

สรุปผลการศึกษา

การพัฒนาฉลากสินค้าปลาดุกเส้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนลำไทรพัฒนา เป็นการผสานศาสตร์ด้านการออกแบบและการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อสร้างฉลากสินค้าที่ตอบโจทย์ทั้งด้านความสวยงามและประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยอาศัยความคิดเห็นจากผู้บริโภคเป็นแนวทางสำคัญในการปรับปรุงให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายฉลากที่ได้รับการพัฒนาไม่เพียงช่วยเสริมภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ให้โดดเด่น ดึงดูดสายตา และสะท้อนเอกลักษณ์ของท้องถิ่น แต่ยังนำเสนอข้อมูลได้อย่างชัดเจน ครบถ้วน ทำให้ผู้บริโภคเข้าใจรายละเอียดของสินค้าได้ง่ายขึ้น การออกแบบยังคำนึงถึงวัสดุ ความทนทาน และลวดลายที่ช่วยสร้างความแตกต่างให้ผลิตภัณฑ์ในตลาด ตลอดจนเสริมศักยภาพในการแข่งขันนอกจากนี้ การออกแบบที่ทันสมัยและดึงดูดใจ ยังช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้บริโภค ส่งเสริมการตัดสินใจซื้อ และเพิ่มโอกาสในการซื้อซ้ำ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และขับเคลื่อนธุรกิจของชุมชนให้เติบโตอย่างยั่งยืน

ทั้งนี้ เพื่อให้การพัฒนาฉลากสินค้ามีประสิทธิภาพสูงสุด ในอนาคตควรให้ความสำคัญกับการศึกษาความต้องการของผู้บริโภคเชิงลึกก่อนเริ่มการออกแบบ ตลอดจนพัฒนาอัตลักษณ์ของฉลากสินค้าให้สามารถสร้างความแตกต่างได้โดยไม่สูญเสียความสอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ นอกจากนี้ ควรต่อยอดผลการวิจัยไปสู่การพัฒนาฉลากสำหรับปลาดุกเส้นสูตรพื้นเมืองอื่น ๆ ที่ยังไม่ได้รับการพัฒนา เพื่อสร้างความจดจำให้กับผู้บริโภคและส่งเสริมเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นของชุมชน อีกทั้งการศึกษาตลาดและพฤติกรรมผู้บริโภคเพิ่มเติมจะช่วยให้สามารถกำหนดกลยุทธ์การตลาดและการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลให้การ

พัฒนาฉลากสินค้าปลาดุกเส้นสามารถตอบโจทย์ทั้งในด้านฟังก์ชันและการตลาด ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์ในระยะยาว

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอรับรองว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมติฐาน: ปภาวรินทร์ นุริตนนท์, อัชดา มนต์เทวัญ. ออกแบบและวางแผนงานวิจัย : ปภาวรินทร์ นุริตนนท์, ฉันท์หทัย เกิดศรีเสริม. สร้างเครื่องมือ: ปภาวรินทร์ นุริตนนท์, อัชดา มนต์เทวัญ. ตรวจสอบเครื่องมือ: ฉันท์หทัย เกิดศรีเสริม. การเก็บข้อมูล: ปภาวรินทร์ นุริตนนท์, อัชดา มนต์เทวัญ. การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล การวิพากษ์วิจารณ์ผล: ปภาวรินทร์ นุริตนนท์. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: ปภาวรินทร์ นุริตนนท์, ฉันท์หทัย เกิดศรีเสริม.การให้การสนับสนุนเครื่องมือ: อัชดา มนต์เทวัญ.

เอกสารอ้างอิง

Bussarakham, W. (2022). Development of OTOP product label for tourism in Bueng Kan province. **Journal of Management Science, Udon Thani Rajabhat University**, 4(5), 59–79. (in Thai).

Department of Fisheries. (2023). Catfish product situation and production in 2023. Retrieved from: https://www.fisheries.go.th.

Eiadkaew, P. (2024). Development of a palm sugar product's bilingual label and a brochure for advertising palm (Look Tan) products of the community enterprise group at Ban Thahin, Sathing Phra district, Songkhla province. **Journal of Thai Hospitality and Tourism,** 19(2), 67-81. (in Thai).

Jaimun, R., Upawarana, A., & Kanha, N. (2020). Designing a brand and packaging to enhance the value of semi-cooked rice porridge products are made from red jasmine rice. **Academic Journal of the University of the Thai Chamber of Commerce, Humanities and Social Sciences**, 40(2), 52–59. (in Thai).

Joungtrakul, J., Na-Nan, K., Chaiyasoonthorn, W., Prawatmuang, R., Tharaphutthi, P., Tanwongwan, S., Meensuk, S., & Thongkalaya, B. (2021). An alternative approach to developing an in-depth interview guide for data collection in qualitative Research. **Journal of Management and Marketing, Rajamangala University of Technology Thanyaburi,** 8(2), 1-16. (in Thai).

Kaset Today. (n.d.). **Catfish, an Economic Fish, with Methods for Rearing and Nursery Care.** Retrieved from: https://www.smeleader.com (in Thai).

Kerdthip, K., & Kalee, B. (2024) Logo and label design for products Dong Ton Yi Community, Yarang District, Pattani Province. By using the process of community participation. **Humanities and Social Sciences Nakhonsawan Rajabhat University Academic Journal,** 11(1), 130–147. (in Thai).

Line Today. (n.d.). **Saraburi Farmer Raises Big Ui Catfish with Low Costs, Diverse Market Strategies, and Value-Added Processing.** Retrieved from: https://today.line.me (in Thai).

Nakhong, W. (2022). Marketing and value-added processing of catfish products**. Journal of Fisheries Economics and Marketing,** 32(1), 89-102. (in Thai).

Office of Agriculture, Lam Luk Ka District. (2023). **Community Enterprise Competition Book "Lamsai Phatthana Community Enterprise".** Retrieved from: https://pathumthani.doae.go.th/lamlukka (in Thai).

Office of Agriculture, Lam Luk Ka District. (n.d.). **Roles, Duties, and Vision of the Office of Agriculture,** Lam Luk Ka District. (in Thai).

Palangkaset. (n.d.). **How to Raise Catfish as "Weight Fish" – Easy Farming, Ready for Sale in 2 Months.** Retrieved from https://www.palangkaset.com (in Thai).

Parkkaman, N., & Nuanyang, N. (2024). Logo and label design for curry paste products of Koh Mee herbal curry community enterprise, Khlong Hae sub-district, Hat Yai district, Songkhla Province**. Journal of Social Science and Cultural,** 8(8), 24-28. (in Thai).

Sompra, N. (2018). **Processed Catfish Products.** Retrieved from: https://www.facebook.com/ปลาดุกเส้นหวาน (in Thai).

Worapongpat, N., SaintphuKhiao, N., Wongkumchai, T., Muangmee, C., & Limlertrid, T. (2023). Exploring digital marketing strategies on online social media and developing brand and product labels for organic agricultural products of the Rai Khing Rice Mill community enterprise in nakhon pathom Province. **Journal of Value Chain Management and Business Strategy**, 2(4), 61-74. (in Thai).

Yamane, T. (1973). **Statistics, an introductory Analysis**. 2nd Ed. Harper and Row.

ผลของระดับความเข้มข้นคาเฟอีนและระยะเวลาการอุ่นที่แตกต่างกันต่อคุณภาพน้ำเชื้อพ่อพันธุ์สุกรจากการเก็บรักษา 3 วัน

The Effects of Different Caffeine Concentration Levels and Warming Durations on the Quality of Boar Semen after 3 Days of Storage

วรรณลักษณ์ ถาวร[1*], เฉลิมพร จิระปัญญาเลิศ[2], กิตติพงษ์ ทิพยะ[1] และวิวัฒน์ พัฒนาวงศ์[1]
Wannaluk Thaworn[1*], Chalermporn Jirapanyalert[2], Kittipong Thiphaya[1] and Wiwat Pattanawong[1]
Received date: 24 มี.ค. 68 Revised date: 25 พ.ค. 68 Accepted date: 27 พ.ค. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.266618

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของคาเฟอีนและระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกร โดยทำการรีดน้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์สุกร 4 ตัว ตัวละ 3 ครั้ง แล้วเจือจางด้วยสารละลายเจือจางน้ำเชื้อ Beltsville Thawing Solution (BTS) และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 17°C เป็นเวลา 3 วัน ออกแบบการทดลองแบบ Factorial in RCBD โดยมีปัจจัยคือระดับคาเฟอีน (0, 10 และ 100 µg/mL) และระยะเวลาอุ่นน้ำเชื้อที่ 37°C (5, 15 และ 30 นาที) ทำการประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ ได้แก่ การเคลื่อนที่ ความผิดปกติ และจลศาสตร์การเคลื่อนที่ ผลการทดลองพบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับคาเฟอีนและระยะเวลาอุ่นน้ำเชื้อมีต่อค่าการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Progressive) และความผิดปกติที่มีหยดน้ำส่วนโคนหาง (Proximal Droplet) (P<0.05) โดยคาเฟอีนระดับ 100 µg/mL ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ Progressive และ Proximal Droplet สูงสุด (P<0.05) การอุ่นน้ำเชื้อเป็นเวลา 15 นาที เพิ่มค่า Progressive, ความผิดปกติบริเวณกึ่งกลางของอสุจิ (DMR) และ Proximal Droplet สูงสุด (P<0.05) ขณะที่การอุ่นน้ำเชื้อเป็นเวลา 5 นาที ให้ค่าการเคลื่อนที่โดยรวมสูงสุด (P<0.05) ด้านจลศาสตร์การเคลื่อนที่พบว่าระยะเวลาอุ่นมีผลต่อค่าความตรงของการเคลื่อนที่ (STR), ขนาดของการแกว่งของหัวอสุจิ (LIN), ความถี่ของการแกว่งหาง (BCF) และความแกว่งของการเคลื่อนที่ (WOB) (P<0.05) โดย 15 และ 30 นาที ให้ค่า STR และ BCF สูงกว่า 5 นาที ส่วนค่า LIN สูงสุดที่ 15 นาที และ WOB สูงสุดที่ 30 นาที (P<0.05) คาเฟอีนระดับ 100 µg/mL เพิ่มค่า Proximal Droplet และ ขนาดของการแกว่งของหัวอสุจิ (ALH) แต่ระดับ 0 µg/mL ให้ค่า BCF สูงที่สุด (P<0.05)

คำสำคัญ: คาเฟอีน น้ำเชื้อ การเคลื่อนที่ จลศาสตร์การเคลื่อนที่ พ่อพันธุ์สุกร

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of caffeine concentration and semen warming duration on semen quality in boar semen. Semen was collected from four boars, with three ejaculates per boar. The semen was diluted using Beltsville Thawing Solution (BTS) and stored at 17°C for three days. The experiment was designed as a factorial in a randomized complete block design (RCBD), with two factors: caffeine concentrations (0, 10, and 100 µg/mL) and semen warming durations at 37°C (5, 15, and 30 minutes). Semen quality was evaluated based on motility, abnormality, and kinematic parameters. The results revealed a significant interaction between caffeine concentration and warming duration on progressive motility and proximal droplet abnormalities (P<0.05). The highest percentages of progressive motility and proximal droplet abnormalities were observed in the group supplemented with 100 µg/mL of caffeine (P<0.05). Warming semen for 15 minutes significantly increased values of progressive motility, DMR, and proximal droplet abnormalities (P<0.05), whereas warming for 5 minutes yielded the highest motility (P<0.05). For kinematic parameters, warming duration had a significant effect on Straightness (STR), Linearity (LIN), Beat Cross Frequency (BCF), and Wobble (WOB) (P<0.05). Specifically, warming for 15 and 30 minutes resulted in higher STR and BCF values compared to 5 minutes, while LIN was highest at 15 minutes, and WOB was highest at 30 minutes (P<0.05). Regarding caffeine concentration alone, 100 µg/mL significantly increased proximal droplet abnormalities and Amplitude of Lateral Head Displacement (ALH), whereas 0 µg/mL resulted in the highest BCF value (P<0.05).

[1] คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290
[2] สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคเหนือ จ. ตาก 63180
[1] Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai 50290
[2] Northen lnstitute of Vocational Education in Agriculture, Tak 63180
* Corresponding author: wannaluk.333@gmail.com

Keywords: caffeine, semen, motility, kinematic parameters, boar

คำนำ

น้ำเชื้อแช่เย็นถูกนำมาใช้แพร่หลายในระบบการผลิตสุกรเพื่อเพิ่มอัตราการปฏิสนธิและการกระจายพันธุกรรม อย่างไรก็ตามคุณภาพของน้ำเชื้อแช่เย็นอาจลดลงเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษา และปฏิกิริยาออกซิเดชันของเซลล์อสุจิ ซึ่งมีงานวิจัยที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเสริมคาเฟอีนเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเชื้อ โดยคาเฟอีน (Caffeine) เป็นสารกระตุ้นที่มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มพลังงานให้กับเซลล์อสุจิ ช่วยการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ phosphodiesterase (PDE) ส่งผลให้ระดับ cyclic adenosine monophosphate (cAMP) เพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยกระตุ้นการเคลื่อนที่ของอสุจิและเพิ่มความสามารถในการปฏิสนธิ หลายงานวิจัยพบว่าการเติมคาเฟอีนลงในสารเจือจางน้ำเชื้อสุกรสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเคลื่อนที่ของอสุจิและเพิ่มความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิต่ำ (Funahashi and Nagai, 2001a) สามารถกระตุ้นการเคลื่อนที่ของอสุจิ (Sperm Motility Activation) คาเฟอีนมีบทบาทในการกระตุ้นกระบวนการ capacitation ซึ่งเป็นกระบวนการที่อสุจิเตรียมตัวให้พร้อมสำหรับการปฏิสนธิกับไข่ โดยเพิ่มระดับ cAMP และกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์อสุจิ ทำให้อสุจิมีความสามารถในการแทรกผ่านเซลล์รอบไข่และปฏิสนธิได้ดีขึ้น (Aparicio et al., 2005) ช่วยในการเพิ่มพลังงานให้เซลล์อสุจิ (Mitochondrial Activation and Energy Production) นอกจากนี้คาเฟอีนยังช่วยกระตุ้นการทำงานของไมโตรคอนเดรียในเซลล์อสุจิ ทำให้มีการผลิต adenosine triphosphate (ATP) มากขึ้น ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักสำหรับการเคลื่อนที่ของอสุจิและกระบวนการปฏิสนธิ (Borges et al., 2017) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและช่วยการป้องกันภาวะออกซิเดชัน (Antioxidant Properties and Oxidative Stress Reduction) ถึงแม้ว่าคาเฟอีนจะไม่ใช่สารต้านอนุมูลอิสระโดยตรง แต่มีการศึกษาพบว่าสามารถลดความเสียหายของเซลล์อสุจิจากภาวะ oxidative stress ได้โดยการรักษาสมดุลของพลังงานและลดอัตราการเสื่อมสภาพของอสุจิเมื่อถูกเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ (Funahashi and Nagai, 2001b) และยังมีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของตัวอสุจิ (sperm longevity) ในน้ำเชื้อสุกรแช่เย็น โดยคาเฟอีนช่วยคงสภาพการเคลื่อนที่ของอสุจิในน้ำเชื้อแช่เย็น โดยช่วยลดการลดลงของระดับพลังงานภายในเซลล์อสุจิ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อัตราการปฏิสนธิลดลงเมื่อเวลาผ่านไป (Hernandez et al., 2007) ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกสุกร การเก็บรักษาน้ำเชื้อสุกรเพื่อการผสมเทียมเป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการปฏิสนธิและผลผลิตของฟาร์ม การเสริมสารคาเฟอีนยังช่วยเพิ่มการเคลื่อนที่ของอสุจิและคงคุณภาพของน้ำเชื้อได้นานขึ้น (Hernández et al., 2012)

การอุ่นน้ำเชื้อสุกรก่อนนำไปใช้ในการผสมเทียม (AI) เป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของอสุจิและประสิทธิภาพในการปฏิสนธิ การแช่เย็นน้ำเชื้อช่วยยืดอายุการใช้งานของอสุจิ แต่ในขณะเดียวกันอสุจิที่ถูกเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลานานอาจมีความไวต่อความเครียดจากอุณหภูมิเมื่อถูกอุ่นขึ้นก่อนใช้งาน ซึ่งในน้ำเชื้อที่แช่เย็นระยะสั้น (1–2 วัน) น้ำเชื้อที่ถูกแช่เย็นในระยะเวลาสั้นยังคงมีความสามารถในการฟื้นตัวได้ดีเมื่อถูกอุ่นขึ้น โดยทั่วไปการอุ่นน้ำเชื้อสุกรที่เก็บไว้ไม่เกิน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 37°C เป็นเวลา 10–15 นาที จะช่วยให้การเคลื่อนที่ของอสุจิกลับมาใกล้เคียงกับสภาวะปกติ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ (Flowers, 2002) การเก็บรักษาน้ำเชื้อที่แช่เย็นระยะกลาง (3–5 วัน) น้ำเชื้อที่ถูกเก็บไว้นานขึ้นเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์และเมแทบอลิซึมของอสุจิ ทำให้ไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากขึ้น การอุ่นอย่างรวดเร็วอาจทำให้เกิด thermal shock จึงควรอุ่นน้ำเชื้ออย่างช้า ๆ ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 22–25°C) เป็นเวลา 5–10 นาที ก่อนจะอุ่นต่อที่ 37°C เพื่อให้เซลล์ปรับตัว (Johnson et al., 2000) หากเป็นการเก็บรักษาน้ำเชื้อที่แช่เย็นระยะยาว (5–7 วันหรือนานกว่า) การเก็บรักษาน้ำเชื้อสุกรเกิน 5 วันมีผลต่อความเสื่อมของโครงสร้างเซลล์อสุจิอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเยื่อหุ้มพลาสมาและไมโทคอนเดรีย การอุ่นน้ำเชื้อในระยะนี้ควรทำด้วยความระมัดระวังมากที่สุด โดยอาจใช้วิธีการอุ่นแบบเป็นขั้นตอน (stepwise warming) เช่น เริ่มจากอุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 10 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 30°C อีก 5 นาที ก่อนจะอุ่นสุดท้ายที่ 37°C อีก 5 นาที การอุ่นแบบเพิ่มอุณหภูมิเป็นระยะนี้ช่วยลดความเสียหายจากความเครียดทางอุณหภูมิที่อสุจิสะสมระหว่างการเก็บรักษา (Kuster and Althouse, 1997) จากการศึกษาของ Pereira et al. (2019) พบว่าการเติมคาเฟอีนที่ความเข้มข้น 8.0 mM ในระหว่างการอุ่นน้ำเชื้อสุกรที่เก็บรักษาไว้ที่ 15°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ช่วยเพิ่มการเคลื่อนที่ อัตราการมีชีวิต และกิจกรรมของไมโทคอนเดรียของอสุจิได้ อย่างไรก็ตามการเติมคาเฟอีนในน้ำเชื้อที่เก็บรักษาไว้เพียง 0 หรือ 24 ชั่วโมง ไม่แสดงผลที่ชัดเจน และการประเมินคุณภาพของน้ำเชื้อหลังการอุ่นที่ 37°C เป็นเวลา 10 และ 120 นาที พบว่าการอุ่นน้ำเชื้อที่เก็บรักษาไว้ 72 ชั่วโมงในที่มีคาเฟอีนแสดงผลที่ดีที่สุดหลังการอุ่น 10 นาที โดยการอุ่นที่นานเกินไปอาจลดคุณภาพของอสุจิได้

ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับความเข้มข้นคาเฟอีนและระยะเวลาการอุ่นที่แตกต่างกันต่อคุณภาพน้ำเชื้อพ่อพันธุ์สุกรจากการเก็บรักษา 3 วัน

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง

ใช้พ่อพันธุ์สุกรโตเต็มวัยทั้งหมด 4 ตัว (สายพันธุ์ดูร็อคเจอร์ซี่ 2 ตัว และ ลาจน์ไวท์ 2 ตัว) มีอายุใกล้เคียงกันประมาณ 1.5-2 ปี พ่อพันธุ์สุกรมีสุขภาพดี ได้รับอาหารวันละ 2 ครั้งและได้รับน้ำอย่างอิสระ ถูกเลี้ยงในคอกเลี้ยงเดี่ยวขนาด 2X2 เมตร ณ ฟาร์มสุกร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ หมายเลขอนุญาตใช้สัตว์ทดลอง (approval number) MACUC024A/2566

การรีดน้ำเชื้อตัวอย่าง การเจือจางน้ำเชื้อสุกรและการเก็บรักษา

ทำการรีดน้ำเชื้อด้วยมือจากพ่อสุกรแต่ละตัวตัวละ 3 ครั้ง ได้ตัวอย่างน้ำเชื้อทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ทำการเก็บน้ำเชื้อส่วนที่มีความเข้มข้นของอสุจิสูง ซึ่งมีค่ามาตรฐานในการคัดเลือกน้ำเชื้อคือมีอัตราการเคลื่อนที่ >70% ความผิดปกติของอสุจิ ≤15% ความเข้มข้นของอสุจิ ≥200x10^6 ตัว/mL (Nuntapaitoon et al., 2024) ทำการเจือจางน้ำเชื้อแต่ละตัวอย่างด้วยสารละลายสูตร Beltsville Thawing Solution (BTS) ที่ประกอบไปด้วย glucose 37 g, sodium citrate 6.0 g, Sodium bicarbonate 1.25 g, EDTA 1.25 g, Potassium chloride 0.75 g, Penicillin 1.10 g, Streptomycin 1.10 g ผสมในน้ำกลั่น 1,000 mL ปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่า 7.2 ต่อจากนั้นทำการเจือจางน้ำเชื้อตัวอย่างให้มีความเข้มข้นที่ 3x10^9 ตัวในปริมาตร 100 mL หลังจากการเจือจางด้วย BTS แล้วนำน้ำเชื้อแต่ละตัวอย่างมาแบ่งใส่หลอดตัวอย่าง ตัวอย่างละ 9 หลอด รวมเป็นหลอดน้ำเชื้อทั้งหมด 108 หลอดแต่ละหลอดจะมีน้ำเชื้อที่เจือจางแล้วหลอดละ 50 mL นำหลอดน้ำเชื้อตัวอย่างไปแช่เย็นที่อุณภูมิ 17 °C ในตู้แช่เย็น (Thai stainless argon) เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาทำการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

การเสริมคาเฟอีนในน้ำเชื้อสุกรหลังการเก็บรักษาน้ำเชื้อที่อุณภูมิ 17 °C และระยะเวลาการอุ่นน้ำเชื้อที่ต่างกัน

ภายหลังจากการเก็บรักษาน้ำเชื้อสุกรนาน 3 วัน ทำการเติมคาเฟอีนที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ความเข้มข้น (0 (กลุ่มควบคุม), 10 µg/mL และ 100 µg/mL) ลงไปในหลอดน้ำเชื้อแต่ละตัวอย่างจำนวนตัวอย่างละ 9 หลอด โดยให้มีความเข้มข้นของคาเฟอีนแต่ละความเข้มข้นจำนวน 3 หลอดตัวอย่าง จากนั้นนำหลอดน้ำเชื้อทั้งหมดไปทำการอุ่นน้ำเชื้อที่อุณภูมิ 37 °C เป็นเวลา 5, 15 และ 30 นาทีในอ่างน้ำอุ่น (water bath) ทำการตรวจคุณภาพของน้ำเชื้อเรื่องการเคลื่อนที่ ความผิดปกติของตัวอสุจิ และจลศาสตร์การเคลื่อนที่ด้วยเครื่อง Computer assistance analysis (CASA) (Figure 1)

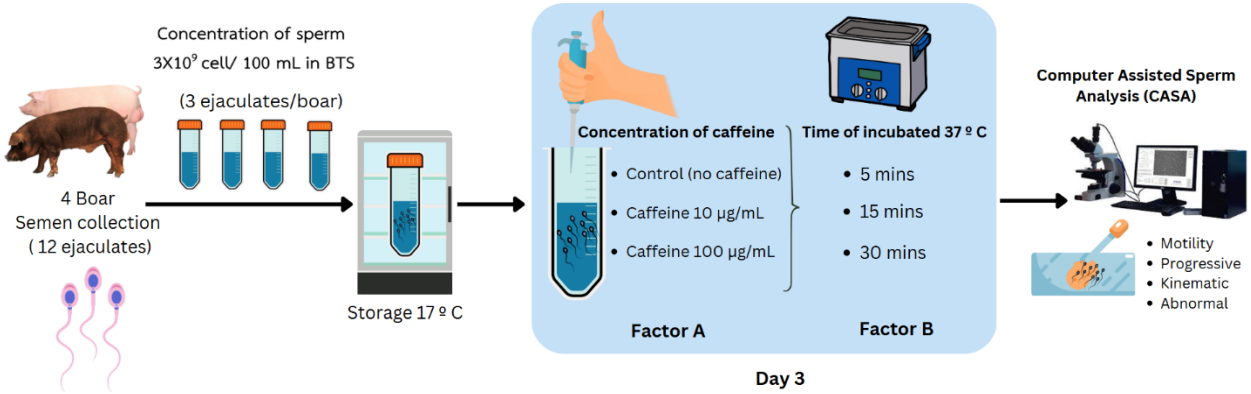


Figure 1 Flow chart diagram for the present study

การประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ

การประเมินคุณภาพน้ำเชื้อด้วยเครื่อง Computer Assisted Sperm Analysis (CASA; ยี่ห้อ: HAMILTON THORNE; รุ่น: CEROS II) (Nuntapaitoon et al., 2024) ทำการตรวจประเมินคุณภาพของน้ำเชื้อร้อยละการเคลื่อนที่ของอสุจิ (motile, %) การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของอสุจิ (progressive, %) จลศาสตร์การเคลื่อนที่ (kinematic parameters) ได้แก่ ระยะทางเฉลี่ยตามเส้นทางเคลื่อนที่ของอสุจิ (Distance Average Path, DAP; µm), ระยะทางเป็นเส้นตรงของการเคลื่อนที่ของอสุจิ (Distance Straight Line, DSL; µm), ระยะทางแบบโค้งของการเคลื่อนที่ของอสุจิ (Distance Curvilinear, DCL; µm), ความเร็วตามแนวโค้ง– ความเร็วของอสุจิตามแนวเส้นทางจริงที่เคลื่อนที่ (Curvilinear Velocity, VCL; µm/sec), ความเร็วเป็นเส้นตรง– ความเร็วจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดในเส้นตรง (Straight-Line Velocity, VSL, µm/sec), ความเร็วเฉลี่ยตามแนวเส้นทาง– ความเร็วเฉลี่ย

ตามเส้นทางที่อสุจิเคลื่อนที่ (Average Path Velocity, VAP; μm/sec), ความเป็นเส้นตรงของการเคลื่อนที่ – แสดงถึงอสุจิสามารถเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงได้มากเพียงใด (Linearity = VSL/VCL, LIN; %), ความตรงของการเคลื่อนที่ – บอกถึงการเบี่ยงเบนจากเส้นตรง (Straightness = VSL/VAP, STR; %), ขนาดของการแกว่งของหัวอสุจิ – ระยะการส่ายของหัวอสุจิซึ่งส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของหาง (Amplitude of Lateral Head Displacement, ALH; μm), ความถี่ของการแกว่งหาง –จำนวนครั้งที่หัวอสุจิตัดผ่านเส้นทางเฉลี่ยในหนึ่งวินาที (Beat Cross Frequency, BCF; Hz) และ ความแกว่งของการเคลื่อนที่ – อธิบายการเคลื่อนที่ของหัวอสุจิไปทางด้านข้าง (Wobble = VAP/VCL, WOB; %) การประเมินความผิดปกติของอสุจิ (abnormal sperm, %) ได้แก่ อสุจิที่มีหางโค้งงอ (Bent Tail, %), อสุจิที่มีหางขดเป็นวง (Coiled Tail, %), ความผิดปกติบริเวณกึ่งกลางของอสุจิ (Distal Midpiece Reflex, DMR; %), อสุจิที่มีหยดน้ำส่วนปลายหาง (Distal Droplets, %) และอสุจิที่มีหยดน้ำส่วนโคนหาง (Proximal Droplet, %)

การวิเคราะห์ข้อมูล (Statistics Analysis)

วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 factorial in Randomized Complete Block Design ปัจจัยที่ศึกษาระดับความเข้มข้นของคาเฟอีน 3 ระดับ ได้แก่กลุ่มที่ได้รับคาเฟอีนที่ 0, 10 และ 100 μg/mL และในทุกๆระดับจะทำการอุ่นน้ำเชื้อที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (บล็อก) ได้แก่ ระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อที่ 5, 15 และ 30 นาที โดยน้ำเชื้อสุกรที่รีดได้แต่ละครั้งของแต่ละตัวจะถูกแบ่งออกเป็น 9 หลอดเพื่อทำการสุ่มหลอดน้ำเชื้อให้ได้รับแต่ละทรีตเม้นท์คอมบิเนชั่น (treatment combination) จากการรีดน้ำเชื้อทั้งหมด 12 ครั้ง นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกไปวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ในแต่ละกลุ่มทดลองทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์ (Gomez and Gomez, 1984) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS 29 (Statistics Package for Social Sciences) (IBM, 2022)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากผลการทดลองของระดับความเข้มข้นคาเฟอีน (0, 10 และ 100 μg/mL) ร่วมกับระยะเวลาการอุ่นน้ำเชื้อ (5, 15 และ 30 นาที) ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของคาเฟอีนและระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อต่อค่าการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Progressive) และความผิดปกติของอสุจิที่มีหยดน้ำส่วนโคนหาง (Proximal Droplet) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1) ซึ่งการเสริมคาเฟอีนที่ระดับ 100 μg/mL ในการอุ่นน้ำเชื้อที่ระยะเวลา 5, 15 และ 30 นาทีส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและ Proximal Droplet มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P<0.05$) นอกจากนี้พบว่าระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า, DMR และ Proximal droplet เมื่ออุ่นน้ำเชื้อที่อุณหภูมิที่ 37 °C เป็นระยะเวลา 15 นาที มีผลทำให้ค่าดังกล่าวสูงขึ้นเมื่อเทียบกับระยะเวลาอื่น ($P<0.05$) และพบว่าระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อยังส่งผลต่อค่าการเคลื่อนที่โดยรวม (motility) ซึ่งเมื่ออุ่นน้ำเชื้อที่ระยะเวลา 5 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ของการเคลื่อนที่โดยรวมมากกว่าเมื่อเทียบกับระยะเวลาอื่น (79.83, 71.67, 70.32; $P<0.05$) (Table 4) การเสริมคาเฟอีนในน้ำเชื้อผลที่ได้อาจเกิดจากฤทธิ์ของคาเฟอีนที่กระตุ้นการเผาผลาญพลังงานของอสุจิ โดยเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ cyclic AMP (cAMP) ซึ่งมีบทบาทต่อการเคลื่อนไหวของอสุจิ (Funahashi and Nagai, 2001b) คาเฟอีนอาจกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายกลูโคสและกรดแลคติก ซึ่งสามารถส่งผลต่อการผลิตกรดแลคติกในน้ำเชื้อได้ การกระตุ้นการทำงานของเซลล์ที่มีผลต่อการผลิตกรดแลคติกอาจช่วยเพิ่มการเคลื่อนไหวและพัฒนาการของอสุจิในกรณีที่อสุจิในปริมาณของคาเฟอีนที่เหมาะสม แต่หากเสริมคาเฟอีนในปริมาณที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดความเครียดจากออกซิเดชันซึ่งมีผลเสียต่อคุณภาพน้ำเชื้อได้ (Hernández et al., 2012) ค่าการเพิ่มขึ้นของค่า Proximal Droplet แสดงถึงความผิดปกติในการเจริญเติบโตของอสุจิหรืออสุจิที่เจริญเติบโตเต็มที่ผิดปกติ อาจเกิดจากการสัมผัสกับคาเฟอีนในระดับที่สูงและระยะเวลานานเกินไป แสดงให้เห็นว่าความผิดปกติของอสุจิส่วนที่เป็นหยดน้ำที่ติดอยู่ใกล้หัวอสุจิเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อซึ่งอาจสะท้อนถึงความเครียดของเซลล์อสุจิ (Borges et al., 2017) โดยมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการใช้คาเฟอีนในความเข้มข้นสูงหรือเป็นระยะเวลานานอาจส่งผลเสียต่อคุณภาพของอสุจิ เช่น เพิ่มอัตราการตายของอสุจิและลดความสมบูรณ์ของ DNA (Mocé et al., 2010) การเสริมคาเฟอีนอาจมีผลต่อการเกิด Proximal Droplet ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างอสุจิเมื่อได้รับคาเฟอีน หากใช้คาเฟอีนในความเข้มข้นสูงและเป็นเวลานาน มีแนวโน้มที่จะส่งผลเสียต่อความสมบูรณ์ของโครงสร้างอสุจิ เช่นการเพิ่มขึ้นของ Proximal Droplets ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการปฏิสนธิที่ลดลง (Schulze et al., 2021) จากการเก็บรักษาน้ำเชื้อเป็นเวลานานแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอาจไม่ได้เกิดจากความเข้มข้นของคาเฟอีนเพียงอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการอุ่นน้ำเชื้อด้วย เมื่อเซลล์อสุจิสัมผัสกับคาเฟอีนในระยะเวลาที่นาน ซึ่งหมายความว่าคาเฟอีนอาจมีบทบาทในการกระตุ้นการเคลื่อนที่ของอสุจิในระยะเวลา

เริ่มต้น แต่หากอสุจิได้รับคาเฟอีนเป็นเวลานานเกินไป อาจนำไปสู่ความเสียหายของโครงสร้างเซลล์อสุจิ และเพิ่มอัตราความผิดปกติของหาง (Aitken and Clarkson, 1987)

Table 1 Percentage of total motility, progressive motility, and abnormal sperm of different caffeine concentration levels and warming boar semen at 37°C to 5, 15 and 30 minutes on storage for 3 days

Concentration of caffeine	Time of incubated 37 °C (mins)			SEM	P-value		
	5	15	30		Treatment	Time	Interaction
Progressive (%)							
Control	50.40±4.47^{b,x}	46.93±3.59^{b,x}	49.23±5.23^{b,x}	0.77	0.055	0.031	0.011
10 µg/mL	50.32±7.80^{ab,x}	54.03±4.78^{ab,x}	46.74±4.36^{ab,y}	1.06			
100 µg/mL	50.82±5.83^{a,x}	54.48±2.13^{a,x}	49.97±5.25^{a,y}	0.93			
Motile (%)							
Control	75.83±16.31^{x}	69.97±20.99^{y}	75.92±13.57^{x}	2.83	0.873	0.035	0.497
10 µg/mL	79.92±11.02^{x}	71.84±18.61^{y}	67.08±19.25^{y}	2.85			
100 µg/mL	83.78±6.45^{x}	73.21±18.79^{y}	67.98±18.83^{y}	2.79			
Bent Tail (%)							
Control	10.31±4.20	7.75±3.19	7.93±3.92	0.65	0.966	0.545	0.381
10 µg/mL	8.12±4.23	8.47±1.87	8.79±3.95	0.57			
100 µg/mL	8.63±3.86	9.27±2.24	7.56±3.84	0.56			
Coiled Tail (%)							
Control	1.26±0.82	0.98±0.78	1.09±1.21	0.16	0.439	0.553	0.617
10 µg/mL	1.07±0.85	1.46±1.06	1.32±1.34	0.18			
100 µg/mL	1.03±0.70	1.69±1.11	1.58±1.42	0.19			
DMR (%)							
Control	0.32±0.23^{y}	0.49±0.26^{x}	0.41±0.29^{x}	0.05	0.353	0.012	0.869
10 µg/mL	0.36±0.24^{y}	0.75±0.71^{x}	0.47±0.45^{x}	0.09			
100 µg/mL	0.35±.026^{y}	0.70±0.66^{x}	0.57±0.42^{x}	0.08			
Distal Droplet (%)							
Control	5.56±3.52	5.51±3.36	5.04±3.49	0.56	0.385	0.675	0.917
10 µg/mL	6.22±4.08	6.81±3.90	6.04±3.76	0.64			
100 µg/mL	5.47±3.21	7.00±3.10	6.60±2.70	0.5			
Proximal Droplet (%)							
Control	4.65±1.77^{b,x}	4.18±1.29^{b,y}	4.11±1.12^{b,z}	0.23	0.002	0.019	0.019
10 µg/mL	4.18±1.15^{ab,y}	5.25±1.48^{ab,x}	5.13±1.32^{ab,x}	0.23			
100 µg/mL	4.26±0.92^{a,y}	6.33±1.81^{a,x}	5.82±1.14^{a,x}	0.26			

DMR: Distal Midpiece Reflex.

SEM: standard error of the mean.

$^{a-b}$ Means within a column with superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

$^{x-z}$ Means within a row with superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

จาก Table 2 ไม่พบอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของคาเฟอีนและระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อต่อค่าจลศาสตร์การเคลื่อนที่ (P>0.05) แต่พบว่าระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อส่งผลต่อค่า STR, LIN, BCF และ WOB (P<0.05) ระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อที่ 15 และ 30 นาที มีค่า STR และ BCF สูงกว่าระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อที่ 5 นาที การอุ่นน้ำเชื้อที่ 15 นาที ส่งผลต่อค่า LIN สูงกว่าเมื่อเทียบกับระยะเวลาอื่น และการอุ่นน้ำเชื้อที่ 30 นาทีส่งผลต่อค่า WOB มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาอื่น

(P<0.05; Table 3) ระดับความเข้มข้นของคาเฟอีนส่งผลต่อค่า Proximal droplet, ALH และ BCF (P<0.05) จากการเสริมคาเฟอีนที่ระดับความเข้มข้น 100 µg/mL มีค่า Proximal droplet และ ALH สูงกว่ากลุ่มอื่น และการเสริมคาเฟอีนที่ระดับ 0 µg/mL มีค่า BCF สูงกว่ากลุ่มที่มีการเสริมคาเฟอีนที่ 10 และ 100 µg/mL (P<0.05; Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Henning et al. (2020) ศึกษาผลของการเสริมคาเฟอีนลงในสารละลายน้ำเชื้อสุกรหลังการแช่แข็งพบว่าการเสริมคาเฟอีนช่วยเพิ่มค่า ALH ของอสุจิหลังการละลายซึ่งแสดงถึงการเคลื่อนไหวที่สูงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งคาเฟอีนมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ฟอสโฟไดเอสเทอเรส (PDE) ส่งผลให้ระดับ cAMP ภายในเซลล์อสุจิเพิ่มขึ้น และกระตุ้นการทำงานของโปรตีนไคเนส A (PKA) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการเคลื่อนที่ของอสุจิ (Henkel and Schill, 2003) ค่า BCF ที่แสดงในกลุ่มของการเสริมคาเฟอีนลดลงอาจเป็นผลมาจากการกระตุ้นมากเกินไปจากคาเฟอีน แม้ว่าคาเฟอีนจะช่วยกระตุ้นการเคลื่อนไหวของอสุจิผ่านการเพิ่มระดับ cAMP แต่การเสริมในระดับสูงเกินไปอาจรบกวนสมดุลของกลไกการควบคุมการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่ประสานกัน และอาจเกิดภาวะ Oxidative Stress ซึ่งการเสริมคาเฟอีนในระดับสูงอาจกระตุ้นการเกิด reactive oxygen species (ROS) ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างภายใน ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวของอสุจิ รวมถึงการลดลงของค่า BCF (Aitken and Clarkson, 1987) โดยค่า BCF มักถูกใช้ร่วมกับพารามิเตอร์อื่น เช่น ALH (Amplitude of Lateral Head Displacement) เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของอสุจิในการเคลื่อนที่และปฏิสนธิ (Funahashi and Nagai 2001b)

Table 2 The kinematic parameters sperm of different caffeine concentration levels and warming boar semen at 37°C to 5, 15 and 30 minutes on storage for 3 days

Concentration of caffeine	Time of incubated 37 °C (mins)			SEM	P-value		
	5	15	30		Treatment	Time	Interaction
DAP (µm)							
Control	32.05±4.08	32.86±5.48	35.30±5.19	0.82	0.552	0.586	0.346
10 µg/mL	34.20±3.09	31.24±5.89	31.29±3.42	0.74			
100 µg/mL	34.26±5.98	32.79±7.66	33.17±4.75	1.02			
DSL (µm)							
Control	23.83±2.61^{y}	23.63±4.58^{y}	25.48±2.60^{x}	0.42	0.146	0.046	0.312
10 µg/mL	24.30±1.89^{x}	23.69±2.43^{y}	24.11±2.23^{x}	0.36			
100 µg/mL	24.31±3.35^{y}	25.02±2.48^{y}	27.00±1.99^{x}	0.60			
DCL (µm)							
Control	62.89±9.28	62.89±11.00	68.14±10.28	1.71	0.669	0.26	0.492
10 µg/mL	68.31±6.92	60.16±12.89	61.70±9.55	1.74			
100 µg/mL	62.13±15.12	58.95±18.50	65.14±11.23	2.50			
VAP (µm/sec)							
Control	72.38±13.03	70.59±12.84	70.01±14.80	2.21	0.489	0.827	0.935
10 µg/mL	72.15±14.57	77.30±14.17	75.23±17.39	2.53			
100 µg/mL	72.41±13.65	75.37±15.77	74.44±13.89	2.35			
VSL (µm/sec)							
Control	55.75±7.20	55.18±6.13	57.18±9.95	1.29	0.685	0.139	0.637
10 µg/mL	53.64±10.15	60.82±8.11	58.81±8.91	1.56			
100 µg/mL	54.54±7.84	58.30±9.97	58.30±6.46	1.36			
VCL (µm/sec)							
Control	138.46±29.82	132.89±28.55	134.35±29.98	4.78	0.448	0.904	0.964
10 µg/mL	140.97±28.79	145.07±33.60	147.81±43.31	5.81			
100 µg/mL	138.01±31.25	143.27±32.08	145.48±32.94	5.22			
STR (%)							

Concentration of caffeine	Time of incubated 37 °C (mins)			SEM	P-value		
	5	15	30		Treatment	Time	Interaction
Control	77.64±5.34^{y}	79.31±6.90^{x}	79.49±7.78^{x}	1.10	0.555	0.026	0.848
10 µg/mL	74.52±2.37^{y}	79.30±5.85^{x}	79.53±7.60^{x}	1.00			
100 µg/mL	74.96±4.50^{y}	77.48±5.02^{x}	79.38±7.42^{x}	0.99			
LIN (%)							
Control	41.97±4.52^{y}	43.78±5.31^{x}	42.80±4.69^{y}	0.80	0.692	0.031	0.845
10 µg/mL	39.40±2.78^{y}	44.12±5.61^{x}	42.58±6.54^{x}	0.91			
100 µg/mL	40.29±3.88^{x}	42.85±4.25^{x}	42.70±5.67^{x}	0.78			
ALH (µm)							
Control	7.20±1.06^{b}	6.80±1.16^{b}	6.66±1.27^{b}	0.19	0.014	0.222	0.853
10 µg/mL	8.02±0.34^{a}	7.60±1.03^{a}	7.41±1.72^{a}	0.20			
100 µg/mL	7.37±0.67^{ab}	7.61±0.89^{ab}	7.13±1.41^{ab}	0.17			
BCF (Hz)							
Control	32.72±2.55^{a,z}	33.70±2.91^{a,y}	33.66±2.70^{ab,x}	0.45	0.007	0.000	0.817
10 µg/mL	29.72±2.70^{b,y}	32.52±3.53^{b,x}	32.77±3.70^{b,x}	0.58			
100 µg/mL	30.67±2.04^{ab,y}	33.34±2.69^{ab,x}	35.05±2.38^{a,x}	0.46			
WOB (%)							
Control	53.60±2.42^{y}	54.46±2.49^{x}	53.37±1.22^{y}	0.35	0.797	0.019	0.892
10 µg/mL	52.43±2.00^{y}	54.87±3.02^{x}	52.87±3.43^{y}	0.50			
100 µg/mL	53.14±2.14^{y}	54.55±3.63^{x}	53.07±2.19^{xy}	0.48			

SEM, standard error of the mean. VCL: Curvilinear Velocity; VSL: Straight-Line Velocity; VAP: Average Path Velocity; LIN: Linearity = VSL/VCL; STR: Straightness = VSL/VAP; WOB: Wobble = VAP/VCL; ALH: Amplitude of Lateral Head Displacement; BCF: Beat Cross Frequency

$^{a-c}$ Means within a row with superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

$^{x-z}$ Means within a column with superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

Table 3 Effect of different warming boar semen at 37°C on storage for 3 days

Items	Time of incubated 37 °C (mins)			SEM	P-value
	5	15	30		
Motile & abnormal					
Progressive (%)	50.51^{ab}	51.81^{a}	48.64^{b}	0.92	0.031
Motile (%)	79.83^{a}	71.67^{b}	70.32^{b}	2.9	0.035
DMR (%)	0.34^{b}	0.64^{a}	0.48^{ab}	0.08	0.012
Proximal Droplet (%)	4.36^{b}	5.25^{a}	5.01^{a}	0.26	0.190
Kinematic parameter					
STR (%)	75.71^{b}	78.69^{a}	79.46^{a}	1.14	0.260
LIN (%)	40.55^{b}	43.58^{a}	42.69^{ab}	0.89	0.310
BCF (Hz)	31.03^{b}	33.18^{a}	33.82^{a}	0.84	0.000
WOB (%)	53.05^{b}	53.10^{b}	54.62^{a}	0.51	0.019

SEM, standard error of the mean. STR: Straightness = VSL/VAP; WOB: Wobble = VAP/VCL; ALH: Amplitude of Lateral Head Displacement; BCF: Beat Cross Frequency

a-c Means within a row with superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

Table 4 Effect of different caffeine concentration levels on storage for 3 days

Items	Concentration caffein (μg/mL)			SEM	P-value
	0	10	100		
Abnormal sperms					
Proximal Droplet (%)	4.31[b]	4.85[ab]	5.46[a]	0.33	0.002
Kinematic parameter					
ALH (μm)	6.88[b]	7.36[ab]	7.67[a]	0.22	0.140
BCF (Hz)	33.82[a]	32.55[ab]	31.66[b]	0.62	0.007

SEM, standard error of the mean. ALH: Amplitude of Lateral Head Displacement; BCF: Beat Cross Frequency

a-c Means within a row with superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้พบว่าระดับความเข้มข้นของคาเฟอีนร่วมกับระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อส่งผลต่อค่าการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและความผิดปกติอสุจิที่มีหยดน้ำส่วนโคนหาง ซึ่งการเสริมคาเฟอีนระดับ 100 μg/mL ในการอุ่นน้ำเชื้อที่ 15 นาที ให้ผลดีที่สุดต่อการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นและลดความผิดปกติของอสุจิ การอุ่นน้ำเชื้อเป็นเวลา 5 นาที ให้ค่าการเคลื่อนที่โดยรวมสูงสุด ส่วนการใช้คาเฟอีนในระดับต่ำ คือ 10 μg/mL ส่งผลต่อความถี่ของการแกว่งหางอสุจิดีที่สุด ดังนั้นการเลือกใช้ระดับคาเฟอีนและระยะเวลาในการอุ่นน้ำเชื้อส่งผลต่อประสิทธิภาพน้ำเชื้อของสุกร แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาผลระยะยาวของการใช้คาเฟอีนในน้ำเชื้อเพื่อประเมินผลต่อประสิทธิภาพการผสมพันธุ์และอัตราการตั้งท้อง

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากฟาร์มสุกรและห้องปฏิบัติการระบบสืบพันธุ์ทางปศุสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และสมมุติฐาน: วรรณลักษณ์ ถาวร, วิวัฒน์ พัฒนาวงศ์. การปฏิบัติงานวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบการทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: วรรณลักษณ์ ถาวร, วิวัฒน์ พัฒนาวงศ์, เฉลิมพร จิระปัญญาเลิศ, กิตติพงษ์ ทิพยะ. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: วรรณลักษณ์ ถาวร, วิวัฒน์ พัฒนาวงศ์, เฉลิมพร จิระปัญญา. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: วรรณลักษณ์ ถาวร, เฉลิมพร จิระปัญญา. การให้การสนันสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และ คุรุภัณฑ์: วิวัฒน์ พัฒนาวงศ์, กิตติพงษ์ ทิพยะ.

เอกสารอ้างอิง

Aitken, R. J., & Clarkson, J. S. (1987). Cellular basis of defective sperm function and its association with the genesis of reactive oxygen species by human spermatozoa. **Journal of Reproduction and Fertility**, 81(2), 459-469.

Aparicio, I. M., Garcia-Herreros, M., Gil, M. C., & Fernandez, J. L. (2005). Caffeine induces capacitation and acrosome reaction in boar spermatozoa. **Journal of Andrology**, 26(4), 578-586.

Borges, A. M., Pereira, R. J., & Andrade, A. F. (2017). The role of caffeine on mitochondrial function and sperm motility. **Theriogenology**, 98(1), 122-128.

IBM Corp. (2022). IBM SPSS Statistics for Windows (Version 29.0) [Computer software]. IBM Corp.

Flowers, W. L. (2002). Control of boar fertility through regulation of testicular temperature: A review. **Swine Health and Production**, 10(2), 59–64.

Funahashi, H., & Nagai, T. (2001). Regulation of in vitro penetration of frozen-thawed boar spermatozoa by caffeine and adenosine. **Molecular Reproduction and Development**, 58(4), 424–431. https://doi.org/10.1002/mrd.1040

Funahashi, H., & Nagai, T. (2001). Regulation of in vitro penetration of pig oocytes by caffeine and adenosine. **Journal of Reproduction and Development**, 47(1), 103-109.

Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). **Statistical Procedures for Agriculture Research**. John Wiley & Sons. Inc.

Henkel, R. R., & Schill, W.-B. (2003). Sperm preparation for ART. **Reproductive Biology and Endocrinology**, 1(1), 108. https://doi.org/10.1186/1477-7827-1-108.

Henning, H., Petrunkina, A. M., & Waberski, D. (2020). Improvement of the motility of boar sperm after cryopreservation. **Theriogenology**, 146(1), 26–33. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.013.

Hernandez, C. R., Rocha, L. G., & Sousa, P. C. (2007). Effects of caffeine supplementation on cooled boar semen: motility and oxidative stress parameters. **Animal Reproduction Science**, 102(1-2), 80-89.

Hernández, M., Roca, J., Calvete, J. J., Sanz, L., & Martínez, E. A. (2012). Effects of caffeine supplementation on boar sperm motility and fertilization success. **Theriogenology**, 78(8), 1685-1693.

Johnson, L. A., Weitze, K. F., Fiser, P., & Maxwell, W. M. C. (2000). Storage of boar semen. Animal Reproduction Science, 62(1-3), 143-172. https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00157-3.

Kuster, C. E., & Althouse, G. C. (1997). The fecundity of porcine semen stored for 2 to 6 days in Androhep and Beltsville Thawing Solution. **Theriogenology**, 48(7), 1075–1084. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00310-0.

Mocé, E., Gadea, J., & Matas, C. (2010). Effect of caffeine treatment on boar sperm head membrane changes assessed by flow cytometry. **Animal Reproduction Science**, 117(3-4), 196-204.

Nuntapaitoon, M., Tummaruk, P., & Suwimonteerabutr, J. (2024). Supplementation of glutamine in a short-term boar semen extender during 17°C holding time enhances post-thaw sperm quality for cryopreservation. **Porcine Health Management**, 10(1), 50. https://doi.org/10.1186/s40813-024-00403-8.

Pereira, B. A., Rocha, L. G. P., Teles, M. C., Silva, W. E., Barbosa, J. A., Rabelo, S. S., Uchoa, A. S., Rodriguez-Gil, J. E., Pereira, L. J., & Zangeronimo, M. G. (2019). Addition of chlorogenic acid and caffeine during the processing of cooled boar semen. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 71(2), 489–499. https://doi.org/10.1590/1678-4162-10415.

Schulze, M., Hensel, B., Rüdiger, K., & Waberski, D. (2021). Cooled storage of semen from livestock animals (Part I): Boar, bull and stallion. **Animal Reproduction Science**, 226(1), 106712. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106712.

ผลของการใช้ปุ๋ยต่อผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของถั่วเขียวที่ปลูกในดินร่วนปนทราย จังหวัดชัยนาท

Effect of Using Fertilizer on Yield and Economic Return of Mung Bean in Sandy Loam Soil at Chai Nat Province

สายน้ำ อุดพ้วย[1*], นุชนาฏ ตันวรรณ[1], วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว[2] และสมฤทัย ตันเจริญ[1]
Sainam Udpuay[1*], Nutchanart Tanwan[1], Wilairat Pankaew[2] and Somrutai Tancharoen[1]
Received date: 16 ธ.ค. 67 Revised date: 30 พ.ค. 68 Accepted date: 6 มิ.ย. 68
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.265494

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยต่อสมบัติของดิน การดูดใช้ธาตุอาหาร ผลผลิต และเปรียบเทียบต้นทุนและผลการตอบแทนจากการใช้ปุ๋ยในการผลิตถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ปลูกในสภาพหลังเก็บเกี่ยวข้าว ในดินร่วนปนทราย จังหวัดชัยนาท วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized complete block design; RCBD) จำนวน 5 ซ้ำ 4 ตำรับการทดลอง ดังนี้ ตำรับที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเป็นตำรับควบคุม ตำรับที่ 2 พ่นปุ๋ยทางใบ ด้วยปุ๋ยเกล็ดสูตร 25–5–5 และ 15–30–15 อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ และตำรับที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม เก็บข้อมูลสมบัติของดิน มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน การดูดใช้ธาตุอาหารพืช และผลผลิต ผลการศึกษา พบว่า สมบัติของดินหลังปลูก องค์ประกอบผลผลิต มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ไม่แตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลอง ($p>0.05$) ยกเว้นปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ($p<0.05$) การใส่ปุ๋ย อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ทำให้ความสูงต้น ($p<0.01$) และผลผลิต ($p<0.05$) สูงสุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ในดินร่วนปนทราย ชุดดินเดิมบาง จำเป็นต้องใช้ปุ๋ย โดยอาจพ่นปุ๋ยทางใบเพียงอย่างเดียว (ปุ๋ยเกล็ดสูตร 25–5–5 และ 15–30–15) หรือ การใช้ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ หรือใช้ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และเมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ พบว่า การพ่นปุ๋ยทางใบให้ผลตอบแทนต่อหน่วยลงทุนมากที่สุด เท่ากับ 4.20

คำสำคัญ: การใช้ปุ๋ย ถั่วเขียว ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

Abstract

The research aimed to investigate how fertilizer application affects soil properties, primary nutrient uptake, yield and compare cost and return of mung bean cultivar Chainat–3 production, grown in sandy loam soil in Chai Nat province. The study used a randomized complete block design (RCBD) and included five replications. Four treatments were applied: 1. control (no fertilizer use), 2. foliar spray (Fertilizers 25–5–5 and 15–30–15 at a rate of 50 g/20 liters of water), 3. chemical fertilizer at a rate of 4.5–3–3 kg N–P_2O_5–K_2O/rai, and 4. chemical fertilizer at the rate of 4.5–3–3 kg N–P_2O_5–K_2O/rai + rhizobium biofertilizer. The collected data included measurements of soil properties, above-ground biomass, primary nutrient uptake, yield component, and yield. The results indicated that there were no significant differences among treatments regarding soil properties, yield components, dry matter, and nutrient uptake ($p>0.05$), with the except of soil organic matter. The application of chemical fertilizer at a rate of 4.5–3–3 kg N–P_2O_5–K_2O/rai + rhizobium biofertilizer, significantly increased plant height ($p<0.01$) and yield ($p<0.05$). The experimental results showed that growing the Chainat 3 variety of mung beans in the sandy loam soil of the Doem Bang soil series requires the application of fertilizers. This can be achieved through several methods: using only foliar fertilizers (specifically, 25–5–5 and 15–30–15 formulations), applying chemical fertilizers at a rate of 4.5–3–3 kg N-P_2O_5-K_2O/rai, or a combination of chemical fertilizers with rhizobium biofertilizer. An economic analysis indicated that the use of foliar fertilizers yielded the highest return on investment, which was calculated to be 4.20.

Keywords: fertilizer application, mung bean, economic return, rhizobium biofertilizer

[1] กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900
[2] ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท กรมวิชาการเกษตร ชัยนาท 17150
[1] Agricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900
[2] Chai Nat Field Crops Research Center, Department of Agriculture, Chai Nat 17150
* Corresponding author: sainam.udpuay@hotmail.co.th

คำนำ

ถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) เป็นพืชในสกุล *Vigna* ที่สำคัญในระบบปลูกพืช ปีการผลิต 2566/2567 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเขียว 663,500 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 153 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตรวม 101,825 ตัน แต่มีความต้องการใช้ในประเทศมากถึง 109,640 ตัน จังหวัดที่เป็นแหล่งปลูก ได้แก่ เพชรบูรณ์ สุโขทัย นครสวรรค์ ชัยนาท และสระบุรี (Office of Agricultural Economics, 2024) อย่างไรก็ตาม พื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นในช่วงไม่กี่ปี โดยมีเป้าหมายเพื่อสนองความต้องการใช้ภายในประเทศ โดยจังหวัดชัยนาทมีพื้นที่ปลูกถั่วเขียวถึง 30,748 ไร่ และมีผลผลิตเฉลี่ย 109 กิโลกรัมต่อไร่ (Department of Agricultural Extension, 2019) เกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่นิยมปลูกถั่วเขียวภายหลังจากเก็บผลผลิตข้าว (ธันวาคม–มกราคม) ซึ่งเป็นการปลูกถั่วเขียวในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากดินมีความชื้นเหลืออยู่ พันธุ์ถั่วเขียวที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมปลูก ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์รับรองของทางราชการ (Technologychaoban, 2016) ประกอบกับประสบปัญหาด้านโรคแมลง จึงให้ผลผลิตต่ำกว่าปริมาณผลผลิตเฉลี่ยของประเทศ อย่างไรก็ตามถั่วเขียวเป็นพืชที่เพาะปลูกง่าย สามารถปรับตัวได้ในสภาพอากาศเขตร้อน อายุเก็บเกี่ยวสั้นและทนแล้งได้ดี (Du et al., 2018) เหมาะสมที่จะปลูกทดแทนการปลูกข้าวนาปรัง และการปลูกถั่วเขียวมีประโยชน์ เนื่องจากเมล็ดถั่วเขียวมีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถนำมาใช้เป็นอาหาร และเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเขียวแล้ว ส่วนของต้นเมื่อไถกลบลงดิน ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ (Panchaban, 1984) โดย Department of Agriculture (2020) ได้รับรองพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ขึ้นมาในปี 2562 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 232 กิโลกรัมต่อไร่ มีขนาดเมล็ดใหญ่ และเหมาะสำหรับการเพาะถั่วงอก

ปัจจุบันผลผลิตถั่วเขียวในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากปัญหาด้านการผลิต เช่น เมล็ดพันธุ์ดีมีปริมาณไม่เพียงพอ ปัญหาด้านการเก็บเกี่ยว เนื่องจากสุกแก่ไม่พร้อมกัน ต้นทุนการผลิตต่อไร่สูง ปัญหาเรื่องโรคและแมลง สภาพอากาศ และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Thansettakij, 2023) โดยการจัดการธาตุอาหารพืชถือเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งต่อการให้ผลผลิต มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต พัฒนาการ และการสร้างผลผลิตของถั่วเขียว (Asaduzzaman et al., 2008) ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ใน 1 ฤดูปลูกต้องการธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 13, 2 และ 12 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Tanwan et al., 2023) ดังนั้น ปุ๋ยจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งที่มีผลต่อการผลิตพืช Sadeghipour et al. (2010) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสช่วยเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยให้ผลผลิตสูงสุด เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 14 กิโลกรัม N ต่อไร่ และ ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 19 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ Ayub et al. (1999) กล่าวว่า ถั่วเขียวให้ผลผลิตสูงสุด โดยสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (กรรมวิธีควบคุม) ถึง 31% เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 6.4 กิโลกรัม N ต่อไร่ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้กับพืชตระกูลถั่ว เนื่องจากมีจุลินทรีย์ชนิดแบคทีเรีย (*Bradyrhizobium sp.)* สร้างปมที่ราก ซึ่งช่วยในการตรึงธาตุไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ประโยชน์ได้ โดยปกติแบคทีเรียชนิดนี้จะไม่มีอยู่ในดินทั่วไป (Pongkao and Kaveeta, 1992) ซึ่งช่วยลดปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ให้พืชได้ (Favero et al., 2021) ถ้าดินมีระดับธาตุไนโตรเจนต่ำ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณเล็กน้อยจะกระตุ้นให้เกิดการสร้างปมอยู่ร่วมกับไรโซเบียมและส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียว (Yin et al., 2018) ในดินทั่ว ๆ ไปในประเทศไทย มักมีเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวอยู่ แต่ถ้าดินบริเวณนั้นไม่เคยปลูกถั่วเขียวมาก่อน หรือมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ควรคลุกเชื้อไรโซเบียม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนให้มีการสร้างปมรากเพิ่มมากขึ้น (Insalud et al., 2021) อย่างไรก็ตามเกษตรกรในพื้นที่ยังขาดการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ซึ่งถ้าต้องการให้เกิดปมเร็วขึ้นควรคลุกเมล็ดก่อนปลูก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยต่อสมบัติของดิน ผลผลิต การดูดใช้ธาตุอาหารพืชและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ปลูกในนาข้าวหลังฤดูทำนา ในดินร่วนปนทราย จังหวัดชัยนาท

วิธีการศึกษา

สถานที่การทดลอง

ดำเนินการทดลอง ณ แปลงทดลองและขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท โดยปลูกถั่วเขียว พันธุ์ชัยนาท 3 ในนาข้าวหลังฤดูทำนา ระหว่างเดือนมกราคม 2567–มีนาคม 2567 พิกัดแปลงทดลอง อยู่ที่ละติจูด 15°12'23.67"N ลองจิจูด 99°54'20.96"E สภาพดินในพื้นที่จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินเดิมบาง (Fine, kaolinitic, isohyperthermic Aeric (Plinthic) Endoaqualfs) ตามข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินในระบบ USDA (Land Development Department, 2023)

การเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง

สุ่มเก็บดินก่อนปลูก ที่ความลึก 0–20 และ 20-50 เซนติเมตร ให้ได้ตัวอย่างดินแบบรวม (composite soil samples) นำไปวิเคราะห์เนื้อดิน ปฏิกิริยาดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ตามวิธีของ Department of Agriculture (2001) พบว่า ดินที่ใช้ทดลองมีเนื้อดินเป็นร่วนปนทราย ปฏิกิริยาดิน (พีเอชของดิน)

เป็นกลาง มีค่า pH (ดิน:น้ำ 1:1) ระหว่าง 6.8–7.0 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วเขียว ค่าการนำไฟฟ้า (EC 1:5) 0.08 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร จัดอยู่ในระดับไม่เค็ม (Table 1) มีปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในระดับต่ำ เฉลี่ย 0.78% และ 47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในระดับสูง เฉลี่ย 47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการประเมินด้วยวิธีของ Land Development Department (1980) ดินที่ใช้ในการศึกษามีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง จึงพิจารณาอัตราปุ๋ยแนะนำ คือ 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ (Department of Agriculture, 2005; 2021)

Table 1 Soil analysis before planting

Parameters	Analysis value			Optimal value[1/]
	0-20 cm	20-50 cm	Average	
Soil pH (1:1)	6.8	7.0	6.9	5.5–7.0
Electrical conductivity (EC) (1:5) (dS/m)	0.09	0.06	0.08	non saline
Organic matter (%) (Walkley and Black)	1.09	0.47	0.78	> 1.0
Available Phosphorus (Bray II) (mg/kg)	69	24	47	> 8
Exchangeble Potassium (mg/kg) (NH_4OAc pH7)	37	25	31	> 40
Sand (%)	56.0	55.0	-	-
Silt (%)	25.8	25.6	-	-
Clay (%)	18.2	19.4	-	-
Texture (Hydrometer method)	Sandy loam	Sandy loam	-	Loam, Clay loam, Clay, Sandy clay loam

[1/]Department of Agriculture (2021)

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized complete block design; RCBD) จำนวน 5 ซ้ำ และ 4 ตำรับการทดลอง รายละเอียดตำรับการทดลองแสดงใน Table 2

Table 2 Treatment details of fertilizer management in comparison with the control treatment

Treatments	Symbols	Describes
1	Control	No fertilizer use
2	FAM	Foliar spray of fertilizer 25–5–5 and 15–30–15 at a rate of 50 g/20 liters
3	RDF	4.5–3–3 kg N–P_2O_5–K_2O/rai
4	RDF + Rhizobium	4.5–3–3 kg N–P_2O_5–K_2O/rai + rhizobium biofertilizer

วิธีการปลูกและการจัดการ

ขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 6 × 10 เมตร รวมทั้งสิ้น 20 แปลง ระยะระหว่างแปลงย่อย เท่ากับ 1.5 เมตร ปลูกถั่วเขียวแบบเป็นแถวเดี่ยว จำนวน 12 แถวๆ ละ 50 หลุม ใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 20 เซนติเมตร จำนวน 4 ต้นต่อหลุม ใช้พันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 เป็นพืชทดลอง ดำเนินการปลูกถั่วเขียวในวันที่ 18 มกราคม 2567 ตำรับการทดลองที่ 2 พ่นปุ๋ยทางใบ โดยให้ปุ๋ยทางใบ 2 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 เมื่อต้นถั่วเขียวอายุ 22 วัน พ่นปุ๋ยเกล็ดสูตร 25–5–5 อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และ ครั้งที่ 2 เมื่อต้นถั่วเขียวอายุ 43 วัน พ่นปุ๋ยเกล็ดสูตร 15–30–15 อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และใส่ปุ๋ยเคมีตามตำรับการทดลองที่ 3 และ 4 โดยแบ่งใส่ปุ๋ยเคมี ดังนี้ (1) รองก้นหลุมพร้อมปลูก ด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตราที่กำหนดไว้ในแต่ละตำรับการทดลองพร้อมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและปุ๋ยโพแทสเซียมเต็มอัตราที่กำหนดไว้ในแต่ตำรับการทดลอง และ (2) เมื่อต้นถั่วเขียวอายุ 20 วัน ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหลือครึ่งอัตราที่กำหนดไว้ในแต่ตำรับการทดลอง ด้วยการโรยปุ๋ยเป็นแถบ สองข้างแถวปลูก และพรวนดินกลบ (Department of Agriculture, 2021) โดยใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ปุ๋ยสูตร 18-46-0 และปุ๋ยสูตร 0-0-60 จากนั้นเก็บเกี่ยวผลผลิต

วันที่ 25 มีนาคม 2567 ในพื้นที่ 3×6 เมตร ประเมินมวลชีวภาพของถั่วเขียว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืชจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย แยกเป็น 4 ส่วน คือ ต้น ใบ เมล็ด และเปลือกฝัก นำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช และวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดดึงไปใช้ ต้นถั่วเขียวที่เหลือในแต่แปลงย่อย ได้ตัดต้นถั่วเขียวและทิ้งเศษซากต้นและใบถั่วเขียวไว้ในแปลง

การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น และผลผลิตของถั่วเขียว ได้แก่ ความยาวฝัก จำนวนฝักถั่วเขียวต่อต้น น้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวต่อฝัก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตเมล็ด รวมทั้งข้อมูลมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของพืช (plant nutrient uptake) ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) โดยนำตัวอย่างพืช แยกออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ลำต้น ใบ เปลือก และเมล็ด มาอบแห้งและบดให้ละเอียด เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ด้วยการย่อยตัวอย่างด้วยกรด H_2SO_4 ตามวิธี Kjeldahl method (Kjeldahl, 1883) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดทำการย่อยตัวอย่างด้วยกรด HNO_3 : $HClO_4$ อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียม ตามวิธีของ Department of Agriculture (2001) สำหรับดินหลังการทดลองนำไปวิเคราะห์ตามวิธีของ Department of Agriculture (2001) ส่วนดัชนีการเก็บเกี่ยวคำนวณตามวิธีของ Udpuay et al. (2022) โดยดัชนีการเก็บเกี่ยว คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักผลผลิตเมล็ดต่อน้ำหนักทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างทางสถิติ

นำข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ สมบัติของดินหลังปลูก มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน การดูดใช้ธาตุอาหารหลัก องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT for dos version 3/93 (International Rice Research Institute, 2005) วิเคราะห์ความคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยวิธี value : cost ratio (VCR) ตามวิธีของ Udpuay et al. (2022)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง

การใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ไม่ทำให้สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกแตกต่างกัน ($p>0.05$) ยกเว้นปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังปลูก ($p<0.05$) ตำรับการทดลองที่ 4 การใส่ปุ๋ย อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ + ไรโซเบียม (RDF+Rhizobium) มีอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุด เฉลี่ย 1.03% แต่ไม่แตกต่างกับตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยตำรับการทดลองอื่น ๆ กล่าวคือ ตำรับการทดลองที่ 2–4 มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม พบว่า การใส่ปุ๋ยทางดินและทางใบ ทำให้ดินมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 10–49% เมื่อเทียบกับตำรับการทดลองไม่ใส่ปุ๋ย (ตำรับควบคุม) (Table 3)

นอกจากนั้นยังพบว่า ดินทั้ง 2 ระดับความลึก คือ 0–20 และ 20–50 เซนติเมตรหลังปลูกถั่วเขียว ดินมีปฏิกิริยาไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีปฏิกิริยาของดิน ระหว่าง 6.1–6.5 ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (EC 1:5) ระหว่าง 0.02–0.03 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร จัดอยู่ในระดับไม่เค็ม อินทรียวัตถุในดินต่ำ (0.85%–0.86%) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูง (50–53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูง (25–34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Table 3) การใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ไม่ทำให้สมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงทั้งสองความลึก (0–20 และ 20–50 เซนติเมตร) แตกต่างกันยกเว้นปริมาณอินทรียวัตถุในดินบน

Table 3 Effect of using fertilizer on soil chemical properties after experiment of mung bean cv. Chai Nat-3

Treatments	Soil pH (1:1)		EC (1:5) (dS/m)		OM (%) (Walkley and Black)		Avail. P (mg/kg) (Bray II)		Exch. K (mg/kg) (NH_4OAc pH7)	
	0-20 cm	20-50 cm	0-20 cm	20-50 cm	0-20 cm	20-50 cm	0-20 cm	20-50 cm	0-20 cm	20-50 cm
Control	6.2	6.5	0.03	0.02	0.69 [b]	0.80	45	56	28	25
FAM	6.0	6.4	0.03	0.03	0.76 [ab]	0.87	50	55	32	27
RDF	6.2	6.6	0.02	0.02	0.92 [ab]	0.85	47	48	41	23
RDF+Rhizobium	6.2	6.6	0.02	0.03	1.03 [a]	0.92	59	53	38	25
Mean	6.1	6.5	0.03	0.02	0.85	0.86	50	53	34	25
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.1	8.6	29.2	23.3	20.3	15.9	25.2	26.6	23.4	28.1

Mean within a column followed by the same letter is not significantly different by DMRT (P > 0.05), *=0.05 and ns = non-significant

องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของถั่วเขียว

การใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ไม่ทำให้องค์ประกอบผลผลิตถั่วเขียวแตกต่างกันทางสถิติ ถั่วเขียวให้ความยาวฝักเฉลี่ย 10.4 เซนติเมตร จำนวนฝักถั่วเขียวต่อต้นเฉลี่ย 12.6 ฝัก จำนวนเมล็ดถั่วเขียวต่อฝักเฉลี่ย 12.1 เมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 78.4 กรัม Nursu'aidah et al. (2014) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดถั่วเขียวต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดในถั่วเขียว ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น ลักษณะเฉพาะของพันธุ์ถั่วเขียว การขาดธาตุอาหารเฉพาะในดิน หรือช่วงเวลาและวิธีการใส่ปุ๋ย (Yin et al., 2018) แต่มีผลทำให้ความสูงต้น ($p<0.01$) และผลผลิต ($p<0.05$) แตกต่างกัน โดยการใช้ปุ๋ย อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ + ไรโซเบียม ทำให้ความสูงของต้นถั่วเขียวสูงที่สุด เฉลี่ย 76.2 เซนติเมตร และผลผลิตสูงสุด เฉลี่ย 205.3 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 4) อย่างไรก็ตาม พบว่า การให้ปุ๋ย อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ + ไรโซเบียมให้ความสูงของต้นถั่วเขียวไม่แตกต่างกับการให้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว (4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่) แต่พบว่าตำรับการทดลองให้ปุ๋ยทางดินทั้งสองตำรับการทดลองให้ความสูงต้นสูงกว่าตำรับการทดลองที่ 2 การให้ปุ๋ยทางใบ (ปุ๋ยเกล็ดสูตร 25–5–5 และ 15–30–15 อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) และตำรับการทดลองที่ 1 การไม่ใส่ปุ๋ย (ตำรับควบคุม) เพิ่มขึ้น 10-22% และ 20–33% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาตำรับการทดลองไม่ใส่ปุ๋ย (ตำรับควบคุม) พบว่า ถั่วเขียวให้ผลผลิตลดลง เมื่อเทียบกับตำรับทดลองการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ถึง 17–24% แต่การให้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ กลับให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน (Table 4) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Asaduzzaman et al. (2008) พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ BARI mung-5 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง ถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ย หรือ ให้ปุ๋ยในระดับต่ำ หรือมีการให้ปุ๋ยที่ไม่สมดุล อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่า ตำรับการทดลองที่ 4 การใส่ปุ๋ย อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ + ไรโซเบียม (RDF+Rhizobium) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 205.3 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างกับตำรับการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งให้ผลผลิต 189.7 และ 204.7 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ไรโซเบียมร่วมด้วยทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 30% เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Ehsan et al. (2023) ซึ่งพบว่า การใส่เชื้อไรโซเบียมช่วยเพิ่มผลผลิตเมล็ดถั่วเขียวถึง 12% และการศึกษาของ Hussain et al. (2011) พบว่า การใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียว

ผลของการใช้ปุ๋ยต่อดัชนีเก็บเกี่ยว พบว่า การใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วเขียวแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยถั่วเขียว ในตำรับการทดลองที่ 4 ที่ได้รับปุ๋ย อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ + ไรโซเบียม มีดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าถั่วเขียวที่ได้รับปุ๋ยอัตราอื่น ๆ โดยมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยว เท่ากับ 0.205 รองลงมา คือ ตำรับการทดลองที่ 3 และตำรับการทดลองที่ 2 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยว เท่ากับ 0.175 และ 0.173 ตามลำดับ ส่วนตำรับการทดลองไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำที่สุด คือ 0.148 (Table 4)

Table 4 Effect of using fertilizer on plant height, yield components and yield of mung bean cv. Chai Nat-3

Treatments	Plant height (cm)	Pod length (cm)	Pods/plant	Seeds/pod	1,000 seeds (g)	Yield (kg/rai)	Harvest index
Control	57.3 [c]	9.9	11.3	12.1	75.4	157.0 [c]	0.148 [b]
FAM	62.4 [bc]	11.5	11.8	12.0	77.8	189.7 [ab]	0.173 [ab]
RDF	68.6 [ab]	10.1	13.3	12.2	80.3	204.7 [a]	0.175 [ab]
RDF+Rhizobium	76.2 [a]	10.1	13.9	12.3	80.0	205.3 [a]	0.205 [a]
Mean	66.1	10.4	12.6	12.1	78.4	189.1	0.175
F-test	**	ns	ns	ns	ns	*	*
CV (%)	8.4	18.3	12.6	3.2	4.9	12.5	14.4

Mean within a column followed by the same letter was not significantly difference by DMRT,

** significant difference at p≤0.01 level, * significant difference at p ≤ 0.05 level, and ns was non-significant difference

มวลชีวภาพส่วนเหนือดินและการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของพืช

การใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ไม่ทำให้มวลชีวภาพส่วนเหนือดินและการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของต้นถั่วเขียวที่ปลูกในดินร่วนปนทรายแตกต่างกัน (p>0.05) โดยถั่วเขียวมีการดูดใช้ธาตุอาหารพืช ได้แก่ N P และ K เฉลี่ยเท่ากับ 15.20 4.10 และ18.70 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 5) แสดงให้เห็นว่า ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 มีการดูดใช้ธาตุ K > N > P อย่างไรก็ตาม ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง การใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ไม่ทำให้พืชมีปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก (N P K) เพิ่มขึ้น ไปจากการไม่ใส่ปุ๋ย (ตำรับควบคุม) แต่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในส่วนของเมล็ด (p<0.05) (Table 6–7) เมื่อประเมินสัดส่วนของธาตุอาหารที่ถั่วเขียวต้องการจะเห็นว่า ถั่วเขียวต้องการโพแทสเซียมและไนโตรเจนในปริมาณที่สูงกว่าฟอสฟอรัส ซึ่งโดยทั่วไปแล้วธาตุอาหารหลักมีหน้าที่ในการเพิ่มความสูงของต้น รูปแบบการสร้างปม การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของถั่วเขียว โดย Meena and Varma (2016) ได้ปลูกถั่วเขียวในประเทศอินเดีย ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย พบว่า เพื่อให้ได้ผลผลิต 83.8 กิโลกรัมต่อไร่ ถั่วเขียวมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก เท่ากับ 6.94–1.01–7.56 กิโลกรัม N–P–K ต่อไร่ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Choudhary et al. (2013) พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ RMG–268 ที่ปลูกในประเทศอินเดีย มีเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน เมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 3.2–6.4–0 kg N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ มีการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก เท่ากับ 10.99–1.22–9.18 กิโลกรัม N–P–K ต่อไร่ ให้ผลผลิตเท่ากับ 189.4 กิโลกรัมต่อไร่

Table 5 Effect of using fertilizer on above-ground biomass and nutrient of mung bean cv. Chai Nat-3

Treatments	Above-ground biomass (kg/rai)	Nutrient uptake (kg/rai)		
		N	P	K
Control	1,007	15.20	4.20	17.60
FAM	1,101	15.40	4.20	17.20
RDF	1,188	15.00	3.80	19.60
RDF+Rhizobium	1,234	15.20	4.20	20.40
Mean	1,133	15.20	4.10	18.70
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18.0	6.3	10.9	13.8

ns was non-significant difference

ผลของการใช้ปุ๋ยต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารและปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียว พบว่า การใช้ปุ๋ยไม่ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน และโพแทสเซียมในเมล็ด ลำต้น ใบ และเปลือกฝักแตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ย สำหรับไนโตรเจน 3.43% 0.97% 1.98% และ 0.69% ตามลำดับ ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดสูงกว่าใบ ลำต้น และเปลือก ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียม เท่ากับ 1.30% 2.01% 1.58% และ 1.72% ตามลำดับ (Table 6) ส่วนฟอสฟอรัส พบว่า การใช้ปุ๋ยมีผลต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ด โดยตำรับการทดลองที่ 1 มีปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เฉลี่ย 0.86%

สำหรับส่วนอื่น ๆ ของถั่วเขียว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของความเข้มข้นของฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามเมล็ดมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงกว่าใบ ลำต้น และเปลือก ตามลำดับ สำหรับปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของถั่วเขียวให้ผลสอดคล้องกับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนต่าง ๆ (Table 7) คือ การใช้ปุ๋ยไม่ทำให้ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารแตกต่างกัน ($p>0.05$) ยกเว้นปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนของเมล็ดแตกต่างกัน ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ตำรับควบคุม) พบว่า มีการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในส่วนของเมล็ดต่ำที่สุด เฉลี่ย 2.56 กิโลกรัม P ต่อไร่ ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยมีการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัส อยู่ระหว่าง 2.62–2.69 กิโลกรัม P ต่อไร่ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในเมล็ด เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในการสร้างเมล็ดและถั่วเขียวจะต้องมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินที่เพียงพอ (Parvez et al., 2013)

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการใช้ปุ๋ย

เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ สำหรับการผลิตถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ที่ปลูกในร่วนปนทราย จังหวัดชัยนาท พบว่า ตำรับการทดลอง การให้ปุ๋ยทางใบ ซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติของเกษตรกรในพื้นที่ (พ่นปุ๋ยทางใบ 2 ครั้ง ด้วยปุ๋ยเกล็ดสูตร 25–5–5 และ 15–30–15) ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนสูงที่สุด ให้ VCR 4.20 (Table 8) แต่เมื่อมีการใส่ตามอัตราแนะนำ และ/หรือร่วมกับการใส่ปุ๋ยไรโซเบียม กลับให้ผลตอบแทนลดลง

Table 6 Effect of using fertilizer on nutrient concentration in each part of mung bean cv. Chai Nat-3

Treatments	N concentration (%)				P concentration (%)				K concentration (%)			
	Grain	Stalk	Leave	Pod shell	Grain	Stalk	Leave	Pod shell	Grain	Stalk	Leave	Pod shell
Control	3.39	0.94	1.91	0.66	0.86 [b]	0.33	0.44	0.16	1.29	1.90	1.46	1.63
FAM	3.44	0.99	2.07	0.69	0.88 [ab]	0.36	0.48	0.14	1.29	1.76	1.45	1.67
RDF	3.43	0.96	1.97	0.73	0.90 [a]	0.34	0.45	0.14	1.30	2.16	1.64	1.79
RDF+Rhizobium	3.46	0.99	1.97	0.70	0.90 [a]	0.37	0.44	0.13	1.32	2.24	1.79	1.79
Mean	3.43	0.97	1.98	0.69	0.89	0.35	0.45	0.14	1.30	2.01	1.58	1.72
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	1.8	7.6	9.6	10.2	2.6	15.1	12.8	29.1	2.9	21.7	16.5	8.0

Mean within a column followed by the same letter was not significantly difference by DMRT,

* significant difference at $p \leq 0.05$ level, and ns was non-significant difference

Table 7 Effect of using fertilizer on nutrient uptake in each part of mung bean cv. Chai Nat-3

Treatments	N uptake (kg/rai)				P uptake (kg/rai)				K uptake (kg/rai)			
	Grain	Stalk	Leave	Pod shell	Grain	Stalk	Leave	Pod shell	Grain	Stalk	Leave	Pod shell
Control	10.10	3.24	6.92	0.58	2.56 [b]	1.14	1.52	0.14	3.85	6.58	5.04	1.44
FAM	10.25	3.42	7.16	0.61	2.62 [ab]	1.24	1.66	0.12	3.83	6.06	5.02	1.48
RDF	10.23	3.32	6.80	0.65	2.68 [a]	1.14	1.56	0.13	3.87	7.48	5.68	1.58
RDF+Rhizobium	10.30	3.42	6.82	0.62	2.69 [a]	1.26	1.54	0.12	3.92	7.76	6.18	1.58
Mean	10.22	3.35	6.93	0.61	2.64	1.20	1.57	0.13	3.87	6.97	5.48	1.52
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	1.8	7.5	11.1	10.1	2.6	14.6	13.0	29.2	2.9	21.7	16.5	8.0

Mean within a column followed by the same letter was not significantly difference by DMRT,

* significant difference at $p \leq 0.05$ level, and ns was non-significant difference

Table 8 Effect of using fertilizer on economic return of mung bean cv. Chai Nat-3

Treatments	Yield (kg/rai)	Increased yield (%)	Gross benefit	Gross return	Cost on fertilizer	Increased cost	Net benefit	Net return	VCR[1/]
			(Baht/rai)						
Control	157.0	-	5,338	-	0	-	5,338	-	-
FAM	189.7	21	6,450	1,112	265	265	6,185	847	4.20
RDF	204.7	30	6,960	1,622	397	397	6,562	1,224	4.08
RDF+Rhizobium	205.3	31	6,980	1,642	447	447	6,533	1,195	3.67

[1/]VCR = Value to Cost Ratio; Fertilizer price on January 2024: 46–0–0 (16.5 Baht/kg), 18–46–0 (24.0 Baht/kg), 0–0–60 (17.5 Baht/kg), 25–5–5 (115 Baht/kg), 15–30–15 (150 Baht/kg), Rhizobium (250 Baht/kg) and yield price: 34 Baht/kg

Source: Office of Agricultural Economics (2024)

สรุปผลการศึกษา

การใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ในการปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ที่ปลูกในนาข้าวหลังฤดูทำนา ในดินร่วนปนทราย จังหวัดชัยนาท ซึ่งเป็นดินที่มีอินทรียวัตถุและปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.5–3–3 กิโลกรัม N–P_2O_5–K_2O ต่อไร่ + ไรโซเบียม เป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิต และส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 205.3 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ การให้ปุ๋ยทางใบให้ค่า VCR สูงที่สุด (4.20) แต่ให้ผลผลิต เฉลี่ย 189.7 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยกับถั่วเขียวในแต่ละพื้นที่ควรพิจารณาสมบัติของดิน และความต้องการธาตุอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: สายน้ำ อุดพ้วย, วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบการทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บ ข้อมูล และ criteria: นุชนาฏ ตันวรรณ, วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล: สายน้ำ อุดพ้วย, วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: สายน้ำ อุดพ้วย. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: สายน้ำ อุดพ้วย, สมฤทัย ตันเจริญ.

เอกสารอ้างอิง

Asaduzzaman, M., Karim, M. F., Ullah, M. J., & Hasanuzzaman, M. (2008). Response of mungbean (*Vigna radiata* L.) to nitrogen and irrigation management. **American-Eurasian Journal of Scientific Research**, 3(1), 40–43.

Ayub, M., Tanveer, A., Choudhry, M. A., Amin, M. M. Z., & Murtaza, G. (1999). Growth and yield response of mungbean (*Vigna radiata* L.) cultivars to varying levels of nitrogen. **Pakistan Journal of Biological Sciences,** 2(4), 1378–1380.

Choudhary, H. R., Sharma, O. P., Singh, R. K., Singh, K., Kumar, R., & Yadav. L. (2013). Influence of organic manures and chemical fertilizer on nutrient uptake, yield and profitability of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Madras Agricultural Journal**, 100(1–3), 747–750.

Department of Agricultural Extension. (2019). **Planting in Chai Nat Province: 2018/2019**. Retrieved from: http://production.doae.go.th/. (in Thai).

Department of Agriculture. (2001). **Soil and Plant Analysis Manual.** Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Department of Agriculture. (2005). **Recommendations for the Use of Fertilizers based on Soil Analysis Values for Economic Field Crops.** Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Department of Agriculture. (2020). **Technology of Mung Bean Production**. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Department of Agriculture. (2021). **Recommendations for the Use of Fertilizers based on Soil Analysis Values for Economic Field Crops.** Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Du, M., Xie, J., Gong, B., Xu, X., Tang, W., Li, X., & Xie, M. (2018). Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. **Food Hydrocolloids**, 76(1), 131–140.

Ehsan, S., Qureshi, M. A., Ali, M. A., Hafeez, M. B., Ali, N., Zahra, N., & Raza, A. (2023). Improvement in quality and yield of mung bean through combined use of crop–specific rhizobium and physiological precursors. **Journal of Crop Health**, 75(6), 2931–2941.

Favero, V. O., Carvalho, R. H., Motta, V. M., Leite, A. B. C., Coelho, M. R. R., Xavier, G. R., Rumjanek, N. G., & Urquiaga, S. (2021). *Bradyrhizobium* as the only rhizobial inhabitant of mung bean (*Vigna radiata*) nodules in tropical soils: a strategy based on microbiome for improving biological nitrogen fixation using bio-products. **Frontiers in Plant Science**, 11(1), 602645.

Hussain, F., Malik, A. U., Haji, M. A., & Malghani, A. L. (2011). Growth and yield response of two cultivars of mungbean (*Vigna radiata* L.) to different potassium levels. **Journal of Animal and Plant Sciences,** 21(3), 622–625.

Insalud, N., Sungpalee, W., Atnaseo, C., Hermhuk, S., Thongplew, P., & Padklang, C. (2021). Responses of Chainat 72 and Chainat 84 mungbean varieties on N P K deficiency. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 49(Suppl. 1), 929–935. (in Thai).

International Rice Research Institute. (2005). **IRRISTAT software 5.0 for Windows**. International Rice Research Institute.

Kjeldahl, J. (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic matter. **Zeitschrift für Analytische Chemie,** 22(1), 366–382.

Land Development Department. (1980). **Manual for Classifying Land Suitability for Economic Crops, Volume 28.** Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Land Development Department. (2023). **Soil Knowledge and Management.** Retrieved from: https://iddindee.ldd.go.th/iddindee/SoilSeries/home.html. (in Thai).

Meena, R. S., & Varma, D. (2016). Mungbean yield and nutrient uptake performance in response of NPK and lime levels under acid soil in Vindhyan region, India. **Journal of Applied and Natural Science,** 8(2), 860–863.

Nursu'aidah, H., Motior, M. R., Nazia, A. M., & Islam, M. A. (2014). Growth and photosynthetic responses of long bean (*Vigna unguiculata*) and mung bean (*Vigna ratiata*) response to fertilization. **The Journal of Animal and Plant Sciences**, 24(2), 573–578.

Office of Agricultural Economics. (2024). **Agricultural Economic Information by Product in 2023.** Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).

Panchaban, S. (1984). Effect on mungbean yield of fertilizer as a foliar spray and soil application. **Thai Agricultural Research Journal,** 2(1), 16–19. (in Thai).

Parvez, M. T., Paul, S. K., & Sarkar, M. A. R. (2013). Yield and yield contributing characters of mungbean as affected by variety and level of phosphorus. **Journal of Agroforestry and Environment**, 7(1), 115–118.

Pongkao, S., & Kaveeta, R. (1992). Interaction of *rhizobium* sp. to 32 mungbean lines. **Thai Agricultural Research Journal**, 10(2), 73–80. (in Thai).

Sadeghipour, O., Monem, R., & Tajali, A. A. (2010). Production of mungbean (*Vigna radiata* L.) as affected by nitrogen and phosphorus fertilizer application. **Journal of Applied Sciences**, 10(10), 843-847.

Tanwan, N., Udpuay, S., Tancharoen, S., Nobuntou, W., & Pankaew, W. (2023). Effects of potash fertilizer on photosynthesis, nutrient uptake and yield of Chai Nat-3 variety grown in clay soil at Chat Nat province. In **Proceedings of the 20th Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus Conference**, pp. 2025-2034. Kasetsart university. (in Thai).

Thansettakij. (2023). **Expand Seed Production Network of Mung Bean (Chai Nat-3) to Support Food Security.** Retrieved from: https://www.thansettakij.com/sustainable/food-security/569082. (in Thai).

Technologychaoban. (2016). **Mung Beans after Rice in Chai Nat Province.** Retrieved from: https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_1105. (in Thai).

Udpuay, S., Kueanoon, C., Tanwan, N., & Thuenprom, N. (2022). Effect of potash fertilizer on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in clay loam soil. **Thai Agricultural Research Journal**, 40(3), 307-320. (in Thai).

Yin, Z., Guo, W., Xiao, H., Liang, J., Hao, X., Dong, N., Leng, T., Wang, Y., Wang, Q., & Yin, F. (2018). Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization to achieve expected yield and improve yield components of mung bean. **Plos One**, 13(10), e0206285.