วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

ปีที่ 20 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2568
Vol.20 No.2 July-December 2025
ISSN 2985-2986 (Online)

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

ปีที่ 20 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2568
Vol.20 No.2 July-December 2025
ISSN 2985-2986 (Online)

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ปีที่ 20 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2568)

ISSN 2985 - 2986 (Online)

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000 โทรศัพท์ 06 1269 2552

กำหนดการตีพิมพ์

วารสารราย 6 เดือน (2 ฉบับ/ปี)

- ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน
- ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม

วัตถุประสงค์

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการที่ให้ความสำคัญในด้านการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่ทุกระดับ โดยผลการวิจัยนั้นต้องสามารถแสดงให้เห็นถึงการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่ สามารถขยายผลความสำเร็จไปยังพื้นที่อื่น หรือให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ ซึ่งมีขอบเขตดังนี้

1. การจัดการเพื่อการพัฒนา
2. สุขภาวะชุมชน
3. เกษตรและอาหารเพื่อชุมชน
4. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
5. การจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมชุมชน

Academic Journal Uttaradit Rajabhat University

Vol. 20 No. 2 (July - December 2025)

ISSN 2985 - 2986 (Online)

Owner

Uttaradit Rajabhat University

27 Injaime Rd. Ta-it Subdistrict, Muang Uttaradit District, Uttaradit Province, 53000 Telephone 06 1269 2552

Publishing Schedule

Six monthly (2 issues/year)

- 1st issue January - June
- 2nd issue July - December

Objectives

The Academic Journal of Uttaradit Rajabhat University has its objectives to publish and present research articles and academic articles with an emphasis on the work of solving area-based problems. the outcome of a research should demonstrate the utilization within a particular area, and expand the achievement to other areas, or provide recommendations for area-based development within the following topics.

1. Management for development
2. Community Health
3. Agriculture and food for community
4. Natural resources and environment
5. Technology and innovation management for community

บทบรรณาธิการ

สวัสดีผู้อ่านทุกท่านปลายปีคือช่วงเวลาแห่งการทบทวน เรียนรู้ และมองไปข้างหน้า วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ฉบับนี้ จึงมิได้เป็นเพียงฉบับส่งท้ายปี หากแต่เป็น “สะพานความรู้” ที่เชื่อมประสบการณ์จากพื้นที่จริงไปสู่การเริ่มต้นปีใหม่ด้วยพลังขององค์ความรู้ งานวิจัย และความหวังในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ภายใต้พันธกิจสำคัญของมหาวิทยาลัยราชภัฏในการเป็นกลไกทางวิชาการเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน

บทความวิจัยทั้ง 12 เรื่องในฉบับนี้ สะท้อนภาพความหลากหลายของศาสตร์และบริบทพื้นที่แต่มีแก่นร่วมเดียวกัน คือ “การใช้วิชาการตอบโจทย์พื้นที่” ตั้งแต่งานวิจัยด้านทรัพยากรดิน น้ำ และการเกษตร ที่มุ่งเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตควบคู่กับความยั่งยืน เช่น การศึกษาสมบัติดินที่สัมพันธ์กับผลผลิตบักวีต การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด การจัดการวัสดุปลูกผักอินทรีย์ และการเสริมวัตถุดิบจากพืชสมุนไพรในอาหารสัตว์น้ำ ไปจนถึงการพัฒนารูปแบบการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรในระดับชุมชน ซึ่งล้วนเป็นฐานสำคัญของความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจท้องถิ่น

ในขณะเดียวกัน บทความด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ อาทิ การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของป่าชุมชน และการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร ชี้ให้เห็นบทบาทของชุมชนและหน่วยงานท้องถิ่นในการดูแลทรัพยากรร่วม และการสร้างความเป็นธรรมด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ห่างไกล

มิติด้านสังคม สุขภาพ และการพัฒนาเชิงนโยบาย ก็ได้รับการนำเสนออย่างเข้มข้น ผ่านงานวิจัยการประยุกต์สารสนเทศเชิงพื้นที่เพื่อแก้ไขปัญหาความยากจน การสนับสนุนการจัดการตนเองของสตรีตั้งครรภ์ผ่านระบบติดตามสุขภาพทางไกล และการพัฒนากระบวนการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งสะท้อนการผสานองค์ความรู้ทางวิชาการเข้ากับการเสริมพลังให้คนในพื้นที่สามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างเข้มแข็ง

นอกจากนี้ งานวิจัยด้านนวัตกรรม เทคโนโลยี และการเรียนรู้ตลอดชีวิต ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบการเชื่อมโยงธุรกิจดิจิทัลกับการศึกษาชุมชนเพื่อผู้ประกอบการสังคม หรือการใช้เทคโนโลยีในโรงเพาะเห็ดขนาดเล็ก แสดงให้เห็นถึงทิศทางการพัฒนาท้องถิ่นในโลกยุคใหม่ที่องค์ความรู้ เทคโนโลยี และชุมชนต้องเดินไปพร้อมกัน

กองบรรณาธิการเชื่อมั่นว่าบทความทั้ง 12 เรื่องในฉบับปลายปีนี้ จะมิใช่เพียงองค์ความรู้ที่ถูกรวบรวมไว้ในหน้ากระดาษ แต่จะเป็นแรงบันดาลใจ เป็นบทเรียนจากพื้นที่ และเป็นจุดตั้งต้นของการต่อยอดงานวิจัย การพัฒนาเชิงนโยบายและการปฏิบัติจริงในปีใหม่ที่กำลังจะมาถึง ในนามกองบรรณาธิการ ขอขอบคุณผู้เขียน ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้อ่านทุกท่าน ที่ร่วมกันทำให้วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์เป็นพื้นที่แห่งการเรียนรู้ เพื่อท้องถิ่น เพื่อสังคม และเพื่ออนาคตที่ยั่งยืนร่วมกัน

ด้วยความปรารถนาดี

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ พิญญาพงษ์

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย

1

ความแปรปรวนของสมบัติของดินที่สัมพันธ์กับผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของบักวีต

วันที่รับ: 25 มีนาคม 2568
วันที่แก้ไข: 3 กรกฎาคม 2568
วันที่ตอบรับ: 4 กรกฎาคม 2568

สุทธกานต์ ใจกาวิล[1],
พิชญ์นันท์ กังแฮ[2], วิชญ์ภาส สังพาลี[1],
จักรพงษ์ กางโสภา[1] และ เนตรนภา อินสลุด[1*]
[1]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
[2]ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่
*Corresponding author e-mail: nednapa@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของสมบัติดินต่อกับผลผลิตและคุณภาพของบักวีต และเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของบักวีตสู่ชุมชน โดยใช้การวิจัยเชิงสำรวจ กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้ปลูกบักวีตในพื้นที่บ้านนากอก ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน จำนวน 50 ราย ซึ่งคัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจงจากแปลงที่มีการส่งเสริมการปลูกบักวีตพันธุ์ Taiwan 01 และเก็บตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยว โดยใช้วิธีการสุ่มแบบรวมจากแต่ละแปลง นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน และสุ่มตัวอย่างผลผลิตมาประเมินผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของบักวีต ผลการศึกษาพบว่า ผลผลิตบักวีตมีความแปรปรวนสูงตั้งแต่ 25-233 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในช่วงร้อยละ 1.03-2.85 และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.13-25.23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยระดับฟอสฟอรัสในช่วง 2.13-10.28 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีความเพียงพอสำหรับการสร้างเมล็ดที่มีขนาดและน้ำหนักเมล็ดที่ดี และพบปริมาณผลผลิตบักวีตมีความสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยแปลงที่มีผลผลิตน้อยกว่า 100 กิโลกรัม/ไร่ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในขณะที่แปลงที่ผลผลิตมากกว่า 100 กิโลกรัม/ไร่ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอินทรียวัตถุ ตามลำดับ สำหรับการถ่ายทอดองค์ความรู้ผลวิจัยให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกบักวีตบ้านนากอกจำนวน 20 คน ที่ประสบปัญหาการผลิตที่ได้ผลผลิตต่ำและผลผลิตไม่ได้คุณภาพ ทำให้เกษตรกรเกิดการเรียนรู้และร่วมกันหาแนวทางการแก้ปัญหาการผลิตในพื้นที่ นำไปสู่การยอมรับผลวิจัยและการประยุกต์ใช้ในชุมชน เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วพบว่ามีผลผลิตเฉลี่ย 225 กิโลกรัม/ไร่ ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 1,575 กิโลกรัม และสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชน ได้แก่ เส้นโซบะแห้งและชาบักวีต ผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการดินและการเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสม รวมถึงสนับสนุนการประยุกต์ใช้ผลวิจัยสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์และเศรษฐกิจระดับชุมชนอย่างยั่งยืนในพื้นที่สูงของภาคเหนือต่อไป

คำสำคัญ: สมบัติดิน, ผลผลิต, พื้นที่สูง, บักวีต

VARIABILITY OF SOIL PROPERTIES IN RELATION TO THE YIELD AND QUALITY OF BUCKWHEAT

Received: March 25, 2025
Revised: July 3, 2025
Accepted: July 4, 2025

Suttakarn Jaikawin[1], Pitchanan Kanghae[2], Witchaphart Sungpalee[1], Jakkapong Kangsopa[1] and Nednapa Insalud[1*]
[1]Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand
[2]Phare Rice Research Center, Muang Phrae, Phrae, Thailand
*Corresponding author e-mail: nednapa@mju.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to assess the relationship between soil properties and both the yield and quality of buckwheat and to facilitate the transfer of knowledge for enhancing buckwheat production to local communities. An exploratory research design was employed, involving 50 farmers in Nakok Village, Phu Fa Subdistrict, Bo Kluea District, Nan Province, selected via purposive sampling from plots where the Taiwan 01 buckwheat variety was being promoted. After harvesting, composite soil samples were collected for physical and chemical analysis, and buckwheat yields and seed quality were evaluated. Findings showed that buckwheat yields varied widely, from 25-233 kg/rai, corresponding to organic matter contents between 1.03-2.85% and available phosphorus levels of 2.13-25.23 mg/kg. The available phosphorus range of 2.13-10.28 mg/kg was sufficient for producing seeds with favorable sizes and weights. Yield was positively correlated with soil organic matter and available phosphorus: plots yielding less than 100 kg/rai showed positive correlation with available phosphorus, while those exceeding 100 kg/rai correlated positively with organic matter. Knowledge transfer was given to targeted 20 members of the Nakok Village Buckwheat Community Enterprise who previously struggled with low yield and poor product quality. The participatory process raised farmers' awareness and enabled collaborative design of site-specific solutions, leading to research uptake and practical implementation within the community. Following adoption, average yields increased to 225 kg/rai, with a total production of 1,575 kg, which was further processed into dried soba noodles and buckwheat tea. This research provided guidance for soil management and selection of suitable cultivation sites, supporting the application of research findings to sustainable community-based product development and economic enhancement in the highland regions of northern Thailand.

Keywords: Soil properties, Yield, Highland, Buckwheat

บทนำ

บักวีต (*Fagopyrum esculentum* Moench) เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญในประเทศเขตอบอุ่น เช่น รัสเซีย จีน ยูเครน สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น (Babu et al., 2018) ซึ่งใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ปราศจากกลูเตน (Gluten-free) จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้ที่แพ้กลูเตนหรือต้องการหลีกเลี่ยงอาหารที่ทำจากข้าวสาลี การใช้แป้งบักวีตช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมการย่อยอาหารได้ดี เนื่องจากมีโปรตีนที่มีคุณภาพสูงและกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด (Alvarez-Jubete et al., 2009) บักวีตยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เช่น เคอซิทิน (Quercetin) และรูทิน (Rutin) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงและมีประโยชน์ต่อร่างกาย (Giménez-Bastida & Zieliński, 2015) ประเทศรัสเซียเป็นผู้ผลิตบักวีตรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกมากถึง 1.12 ล้านเฮกตาร์ และผลผลิตสูงถึง 1.19 ล้านตัน รองลงมาคือ จีนและยูเครน ปริมาณผลผลิตบักวีตในแต่ละประเทศมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 0.47-3.73 ตันต่อเฮกตาร์ หรือประมาณ 76-597 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับในประเทศไทยบักวีตสามารถปลูกได้ในช่วงฤดูหนาวบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือ โดยเฉพาะในจังหวัดน่าน เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาที่ลาดชันทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน และประสบปัญหาเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น ดินเป็นกรด และฟอสฟอรัสต่ำ ส่งผลกระทบต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ดารากร อัคฮาดศรี และคนอื่น ๆ, 2560) และอาจจำกัดศักยภาพในการผลิตบักวีต สมบัติดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตพืชเกือบทุกชนิด ขณะที่ความเป็นกรดด่างของดิน มีอิทธิพลต่อความสามารถของพืชในการดูดใช้ธาตุอาหาร โดยดินที่เป็นกรดมากเกินไปจะลดความสามารถในการดูดใช้ฟอสฟอรัสและธาตุอาหารรอง (Barrow & Hartemink, 2023) นอกจากนี้ อินทรียวัตถุในดินยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญต่อพืช (Zhou et al., 2024) ส่วนฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเมล็ดพืชและระบบราก ขณะที่โพแทสเซียมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและการขนส่งสารอาหารภายในต้นบักวีต (Tang et al., 2024) แม้ว่าบักวีตสามารถปลูกได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่บักวีตยังต้องการสมบัติดินที่มีความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 5-7 (เนตรนภา อินสลุด และคนอื่น ๆ, 2563) และมีความอุดมสมบูรณ์เช่นเดียวกับพืชชนิดอื่น แม้ว่าบักวีตมีคุณสมบัติพิเศษสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพในดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำ เนื่องจากรากของบักวีตสามารถปล่อยกรดอินทรีย์ช่วยเพิ่มการละลายของฟอสฟอรัสจากสารอนินทรีย์ในดินได้ (Possinger et al., 2013) รวมถึงมีความสามารถในการดูดใช้ฟอสฟอรัสจากแหล่งที่ละลายยากได้มากกว่าธัญพืชชนิดอื่น โดยบักวีตสามารถเพิ่มการดูดใช้ฟอสฟอรัสได้มากถึง 10 เท่าเมื่อเทียบกับข้าวสาลีในสภาพแวดล้อมเดียวกัน (Zhu et al., 2002) ผลผลิตของบักวีตเมื่อเปรียบเทียบกับพืชตระกูลธัญพืชอื่น เช่น ข้าวโพด พบรายงานว่าระดับไนโตรเจน 250 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ และฟอสฟอรัส 60 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อเฮกตาร์ ข้าวโพดได้รับธาตุอาหารที่เหมาะสมสามารถให้ผลผลิตสูงสุดได้ (Vijaya Bhaskar Reddy et al., 2018) ในขณะที่การเพิ่มผลผลิตของบักวีตโดยการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินปริมาณที่เหมาะสม 30 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ช่วยชะลอการแก่ของใบ ส่งเสริมการสร้างแป้งและเพิ่มน้ำหนักเมล็ด ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 1.37 เท่าของแปลงควบคุม (Tang et al., 2024) สำหรับในดินทรายและดินทุ่งหญ้าในเขตแห้งแล้งของจีน การเติมไบโอชาร์ (Biochar) ช่วยเพิ่มธาตุอาหารในดินและผลผลิตบักวีตเพิ่มขึ้นร้อยละ 11-22 โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีผลต่อผลผลิตอย่างชัดเจน (Zhou et al., 2024) จากข้อมูลข้างต้นชี้ให้เห็นว่าสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินที่ส่งผลต่อผลผลิตของบักวีตยังมีข้อมูลอย่างจำกัดในประเทศไทย ดังนั้นเพื่อหาแนวทางในการเลือกพื้นที่ปลูก

ที่เหมาะสม วางแผนการปลูกโดยคำนึงถึงปัจจัยทางด้านดิน พัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกบักวีตในประเทศไทย และถ่ายทอดองค์ความรู้ผลงานวิจัย เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของสมบัติดินต่อกับผลผลิตและคุณภาพของบักวีต
2. เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของบักวีตสู่ชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของบักวีต ดำเนินการในแปลงเกษตรกรที่บ้านนากอก ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการส่งเสริมการปลูกบักวีตพันธุ์ Taiwan 01 โดยศูนย์วิจัยข้าวแพร่ กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ดำเนินการเก็บข้อมูลจากเกษตรกรจำนวน 50 ราย ดังภาพ 1 ที่ทำการปลูกบักวีตในช่วงเดือนธันวาคม – มีนาคม ฤดูปลูกปี 2563 โดยเกษตรกรมีการจัดการแปลงแบบไม่ไถเตรียมดิน ทำการตัดตอซังข้าวหลังการเก็บเกี่ยวข้าว และไขน้ำเข้าแปลงให้ความชื้นแล้วไขน้ำออก จากนั้นปลูกบักวีตโดยวิธีการหยอดใช้อัตราเมล็ด 5 เมล็ดต่อหลุม ที่มีความงอกไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ในระยะห่างระหว่างแถว 25x25 เซนติเมตร หลังจากปลูกไม่มีการใส่ปุ๋ยแต่มีการให้น้ำจำนวน 1 ครั้งต่อเดือน เป็นระยะเวลา 3 เดือน การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

เก็บตัวอย่างดินภายหลังการเก็บเกี่ยวบักวีต (เดือนเมษายน) โดยเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนดิน (Disturbed method) ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จาก 15 จุดต่อแปลง นำตัวอย่างจากแต่ละจุดมาผสมรวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง (Composite sampling) เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละแปลง และบันทึกตำแหน่งแปลงด้วยเครื่องวัดพิกัดจากสัญญาณดาวเทียม (GPS) นำตัวอย่างดินผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม (Air-dried) บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร วิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธี Hydrometer method ตามหลักการของ Day (1965), ค่าความเป็นกรดด่างใช้การหาอัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1, ปริมาณอินทรียวัตถุโดยวิธี Walkley and Black (Walkley & Black, 1934), ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II extraction method (Bray & Kurtz, 1945) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยวิธี Ammonium acetate extraction method (Thomas, 1982) การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดำเนินการตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐานที่กำหนดใน International Harmonized Protocol for Proficiency Testing of (Chemical) Analytical Laboratories (Association of Official Analytical Chemists, 1991)

2. การประเมินผลผลิตเชิงเมล็ดและคุณภาพของบักวีต

ดำเนินการเก็บเกี่ยวและบันทึกข้อมูลผลผลิตของบักวีตจากแปลงเกษตรกรจำนวน 50 แปลง โดยวัดขนาดพื้นที่ของแปลงแต่ละแปลงโดยใช้เครื่อง GPS จากนั้นทำความสะอาดผลผลิตและกำจัดสิ่งเจือปน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักและปรับค่าผลผลิตให้เป็นมาตรฐานที่ระดับความชื้นร้อยละ 14 โดยใช้เครื่องวัดความชื้น Kett PM-650 คำนวณค่าผลผลิตต่อพื้นที่เป็นกิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ ได้ทำการชั่งน้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดจากผลผลิตแต่ละแปลง และทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก 100 เมล็ด และคำนวณเป็นน้ำหนัก 1,000 เมล็ด จากนั้นทำการคัดแยกขนาดเมล็ดโดยใช้ตะแกรงรูกลม

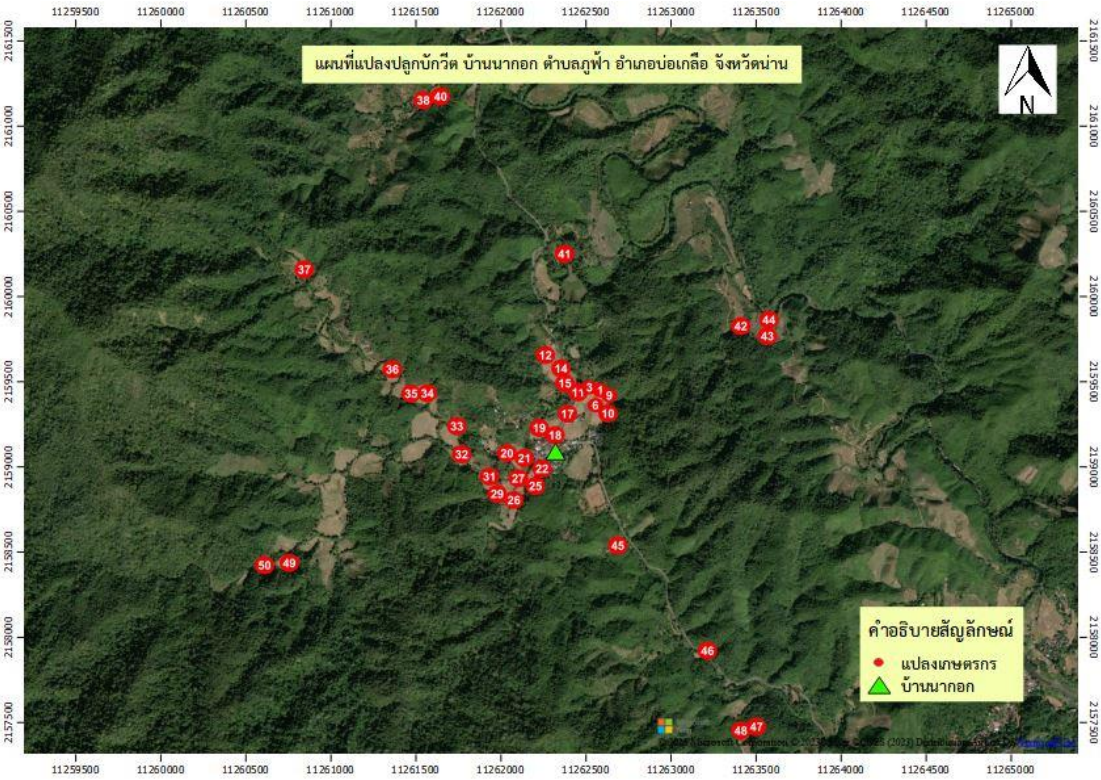
ขนาด 3 มิลลิเมตร แบ่งเป็นเมล็ดขนาดใหญ่และเมล็ดขนาดเล็ก แล้วคำนวณหาร้อยละของขนาดเมล็ดโดยน้ำหนัก (Canadian Grain Commission, 2021)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

หาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและผลผลิตของบักวีตด้วยวิธี Correlation analysis (R Core Team, 2024) โดยกำหนดตัวแปรอิสระ (Independent variables) ได้แก่ สมบัติดิน (เนื้อดิน, pH, อินทรียวัตถุ, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้) และกำหนดตัวแปรตาม (Dependent variables) ได้แก่ ผลผลิตบักวีต, น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และร้อยละของขนาดเมล็ด จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ โปรแกรม R เพื่อประเมินระดับความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับผลผลิตบักวีต

4. การถ่ายทอดความรู้และผลวิจัย

ทำการคัดเลือกเกษตรกรโดยใช้วิธีการแบบเฉพาะเจาะจงจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูก บักวีต บ้านนากอก จำนวน 20 คน โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการจัดการความรู้ นำเสนอผลการศึกษาคุณสมบัติดินที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตและคุณภาพของบักวีตจากนักวิชาการ และให้เกษตรกรแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาเรื่องดินและการผลิตบักวีตในพื้นที่ของตน จากนั้นคัดเลือกแกนนำเกษตรกร หรือนวัตกรชุมชนเพื่อจัดทำแปลงเรียนรู้ขยายผลวิจัยเทคโนโลยีที่เหมาะสม (Appropriate technology) สำหรับการผลิตบักวีตในชุมชน เพื่อใช้เป็นพื้นที่การเรียนรู้ร่วมกัน (Learning space) และปรับใช้องค์ความรู้ให้เหมาะสมกับบริบทพื้นที่ในชุมชน



ภาพ 1 แปลงปลูกบักวีตของเกษตรกรในพื้นที่บ้านนากอก ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน

ผลการวิจัย

1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

ผลการสำรวจสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินในพื้นที่ศึกษาจำนวน 50 แปลง พบว่า ดินมีอนุภาคทรายอยู่ในช่วงร้อยละ 52.20-80.60 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 64.34 (6.34) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ร้อยละ 9.86 อนุภาคทรายแป้งมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 13.50-31.90 และมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 23.60(4.28) แต่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนร้อยละ 18.15 ซึ่งสูงกว่าอนุภาคทราย สำหรับอนุภาคดินเหนียว พบว่ามีค่าต่ำสุดที่ร้อยละ 5.80 และสูงสุดร้อยละ 20.40 ค่าเฉลี่ยร้อยละ 12.05 (3.14) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงถึงร้อยละ 26.05 ภาพรวมของดินทั้งหมดประเมินตามลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ทั้งหมด สำหรับสมบัติทางเคมีบางประการ พบว่าค่าความเป็นกรดด่างมีค่าต่ำสุดที่ 4.69 และสูงสุดที่ 6.14 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.14 (0.29) ซึ่งอยู่ในช่วงดินเป็นกรด มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนร้อยละ 5.64 และมีค่าความเบ้ (Skewness) ที่ 1.29 ชี้ให้เห็นว่าการกระจายของค่าความเป็นกรดด่างมีแนวโน้มสูงกว่าค่าเฉลี่ยเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าต่ำสุดร้อยละ 1.03 และสูงสุดร้อยละ 2.85 ค่าเฉลี่ยอยู่ร้อยละ 1.65 (0.39) ซึ่งจัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนร้อยละ 23.73 และค่าความเบ้ที่ 0.72 ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินพบว่ามีค่าต่ำสุดที่ 2.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสูงสุดที่ 25.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.58 (5.59) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงถึงร้อยละ 73.69 และค่าความเบ้ที่ 1.84 บ่งบอกถึงความแตกต่างของปริมาณฟอสฟอรัสในแต่ละแปลงอย่างมาก และมีการกระจายของค่าฟอสฟอรัสมีแนวโน้มสูงกว่าค่าเฉลี่ยเป็นอย่างมากเช่นกัน ขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าต่ำสุดที่ 23.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสูงสุดที่ 98.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 53.76 (19.07) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนร้อยละ 35.47 ซึ่งค่อนข้างสูง ค่าความเบ้ที่ 0.71 แสดงถึงแนวโน้มของการกระจายของค่าที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยเล็กน้อย ดังตาราง 1

ตาราง 1 ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

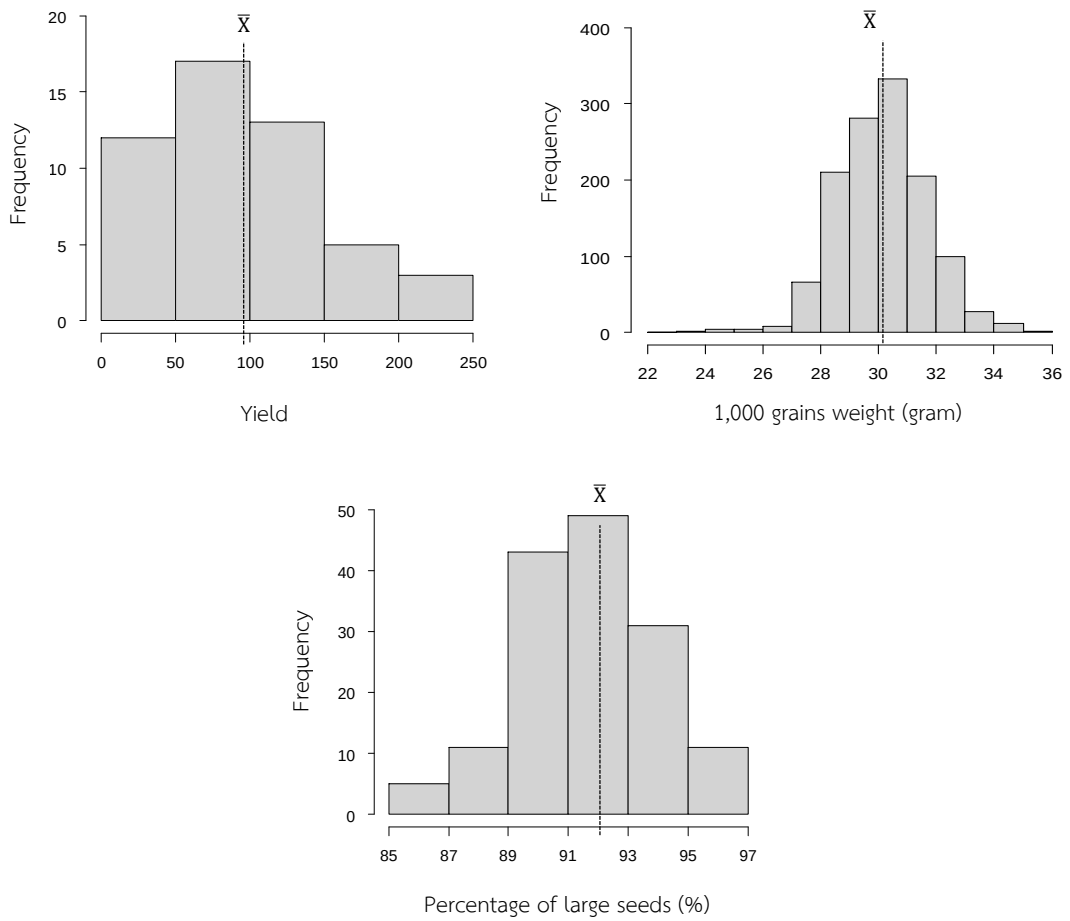
สมบัติของดิน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	$\bar{X}$ (S.D.)	C.V. (%)	Skewness
อนุภาคทราย (%)	52.20	80.60	64.34 (6.34)	9.86	0.34
อนุภาคทรายแป้ง (%)	13.50	31.90	23.60 (4.28)	18.15	-0.36
อนุภาคดินเหนียว (%)	5.80	20.40	12.05 (3.14)	26.05	-0.10
ความเป็นกรดด่าง (pH)	4.69	6.14	5.14 (0.29)	5.64	1.29
อินทรียวัตถุ (%)	1.03	2.85	1.65 (0.39)	23.73	0.72
Available P (มก./กก.)	2.13	25.23	7.58 (5.59)	73.69	1.84
Exchangeable K (มก./กก.)	23.14	98.01	53.76 (19.07)	35.47	0.71

หมายเหตุ: $\bar{X}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน), C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

2. ผลผลิตและคุณภาพของบักวีต

การสำรวจผลผลิตของบักวีตจากแปลงเกษตรกร พบว่าผลผลิตของบักวีตพันธุ์ Taiwan 01 มีผลผลิตตั้งแต่ 25-233 กิโลกรัมต่อไร่ และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 94.52 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งจากข้อมูลการเปรียบเทียบผลผลิต

ของบักวีตพันธุ์ดังกล่าวพบว่ามีผลผลิต 232-261 กิโลกรัมต่อไร่ (อาคม กาญจนประโชติ และคนอื่น ๆ, 2548) ผลการสำรวจแสดงถึงความแปรปรวนของผลผลิตระหว่างแปลงที่ค่อนข้างสูง โดยแปลงที่ให้ผลผลิตน้อยกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวน 29 แปลง (ร้อยละ 58) และแปลงที่ให้ผลผลิตมากกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวน 21 แปลง (ร้อยละ 42) การกระจายตัวของผลผลิตพบว่ามีแปลงที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าแปลงที่ให้ผลผลิตสูง (ผลผลิตมากกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่) ถึงร้อยละ 16 ขณะที่น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของบักวีตมีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 24-36 กรัม โดยช่วงที่พบมากที่สุดอยู่ที่ 28-32 กรัม รองลงมาคือ 34-36 กรัม และ 24-28 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมีความแปรปรวน แต่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 28-32 กรัม โดยค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 29.97 กรัม ซึ่งค่าความแปรปรวนของข้อมูลไม่สูงมากนัก สะท้อนให้เห็นถึงลักษณะของพันธุ์บักวีตที่มีขนาดเมล็ดค่อนข้างสม่ำเสมอ สำหรับขนาดเมล็ดบักวีต พบว่าเมล็ดบักวีตขนาดใหญ่มีร้อยละของเมล็ดเฉลี่ย 92.18 โดยช่วงที่พบมากที่สุดคือระหว่างร้อยละ 91-93 แสดงให้เห็นว่าในแปลงปลูกบักวีตส่วนใหญ่ขนาดเมล็ดมีสัดส่วนของเมล็ดขนาดใหญ่มากกว่าขนาดเล็ก ดังภาพ 2



ภาพ 2 การกระจายตัวของผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) และร้อยละของเมล็ดขนาดใหญ่ (%)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับผลผลิตและคุณภาพของบักวีต

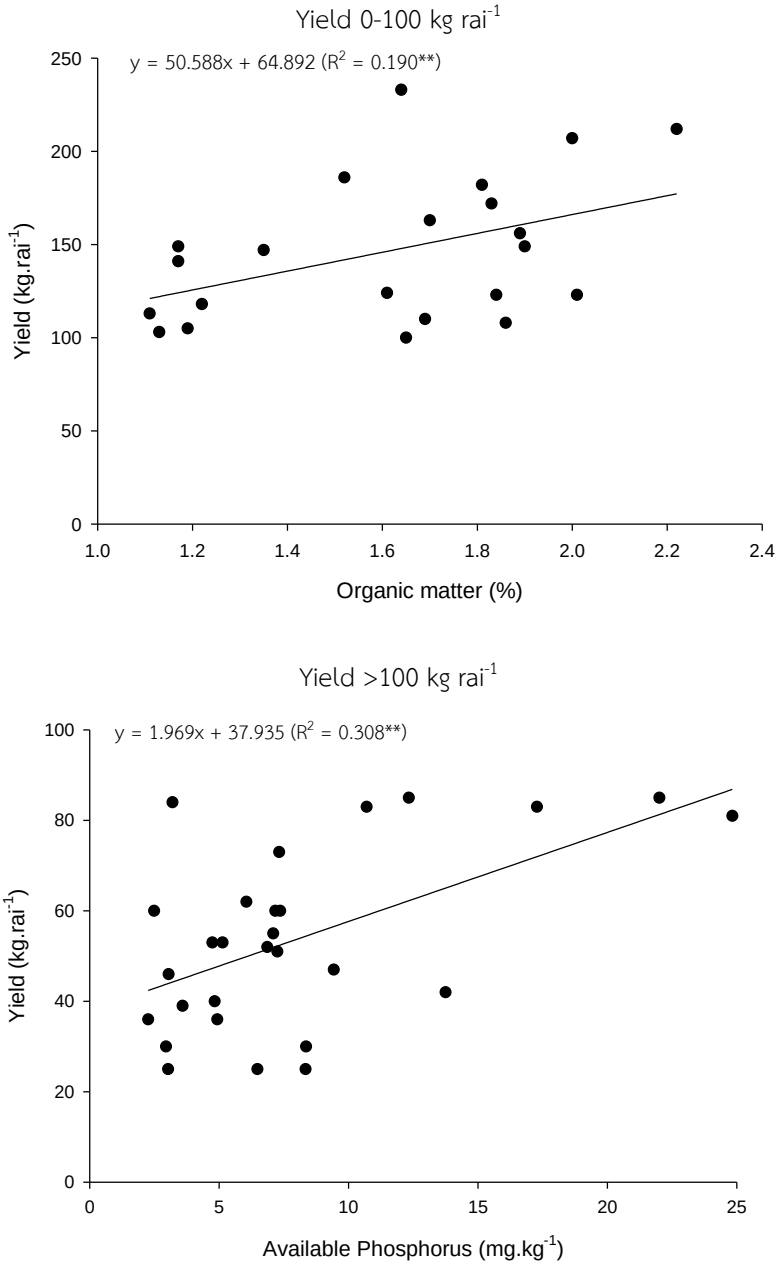
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและผลผลิต พบว่า กลุ่มที่ให้ผลผลิตน้อยกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตของบักวีต ($p < .01$) ซึ่งบ่งชี้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มผลผลิตในกลุ่มนี้ นอกจากนี้ อนุภาคทรายมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับอนุภาคทรายแป้ง ($p < .001$) และอนุภาคดินเหนียว ($p < .001$) ชี้ให้เห็นว่าดินที่มีสัดส่วนอนุภาคทรายสูงมักมีอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวต่ำ ส่งผลให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำและธาตุอาหารต่ำ สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับอนุภาคทรายแป้ง ($p < .01$) และอนุภาคดินเหนียว ($p < .01$) ซึ่งแสดงว่าดินที่มีเนื้อดินละเอียดจะสามารถสะสมอินทรียวัตถุได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรดด่างของดินไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับผลผลิตในกลุ่มนี้ ในขณะที่กลุ่มที่ให้ผลผลิตมากกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตของบักวีต ($p < .05$) ซึ่งหมายความว่าดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะช่วยเพิ่มผลผลิตในกลุ่มนี้ได้ ปริมาณฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์ทางลบกับอนุภาคทรายแป้ง ($p < .05$) นอกจากนี้ ค่าความเป็นกรดด่างมีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณอินทรียวัตถุ ($p < .05$) โดยภาพรวมการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างผลผลิตในกลุ่มนี้ ในขณะที่การควบคุมค่าความเป็นกรดด่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมจะช่วยรักษาความสมดุลของสารอาหารในดินได้ดียิ่งขึ้น ดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างสมบัติดินกับผลผลิตของบักวีต (N=50)

0-100 kg	Yield	Sand	Silt	Clay	pH	OM	*p*
Sand	0.129						
Silt	-0.272	-0.914***					
Clay	0.090	-0.841***	0.549**				
pH	-0.069	-0.100	0.116	0.054			
OM	-0.049	-0.619***	0.532**	0.568**	-0.056		
P	0.555**	0.097	-0.249	0.135	-0.096	-0.020	
K	-0.112	-0.034	-0.138	0.261	-0.150	-0.021	0.113
>100 kg	**Yield**	**Sand**	**Silt**	**Clay**	**pH**	**OM**	***p***
Sand	-0.026						
Silt	0.033	-0.869***					
Clay	0.005	-0.736***	0.304				
pH	-0.367	-0.284	0.201	0.271			
OM	0.436*	-0.204	0.184	0.140	-0.453*		
P	0.098	0.324	-0.43*	-0.035	-0.218	0.138	
K	0.007	0.095	-0.198	0.089	-0.111	0.269	0.327

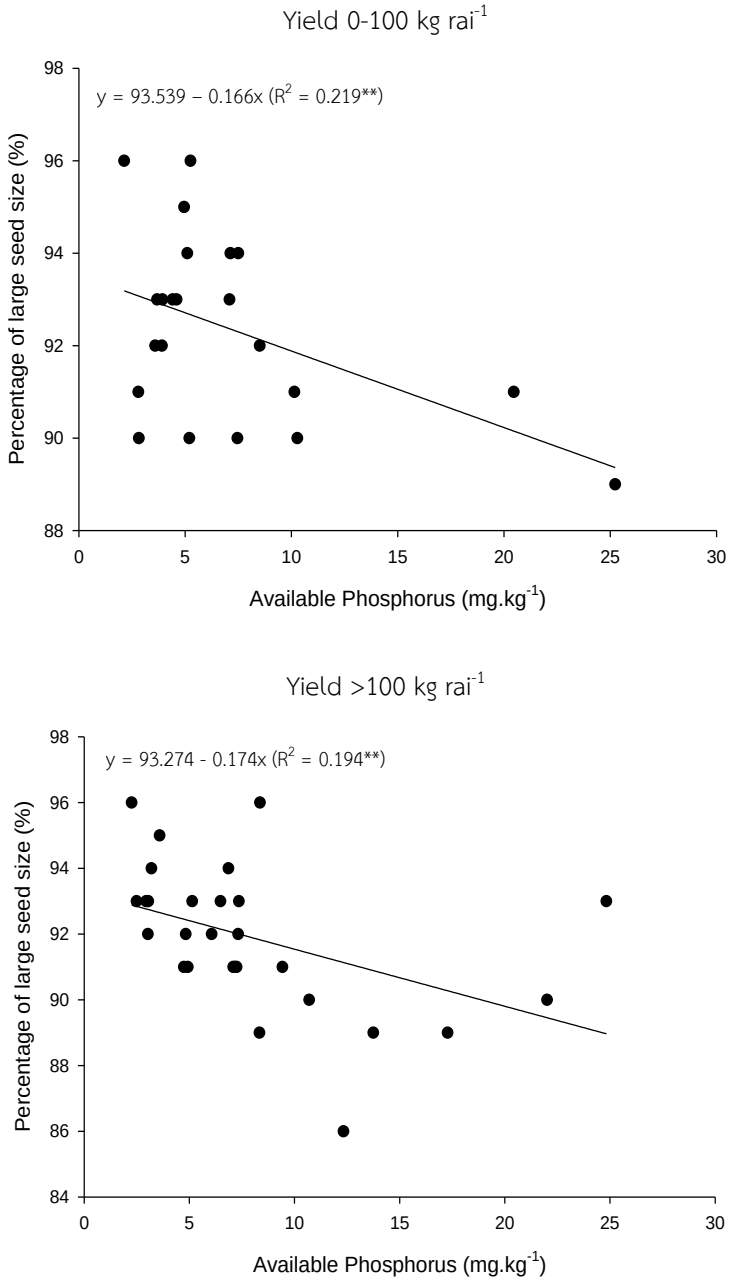
หมายเหตุ: *, ** และ *** แสดงถึงค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .05$, $p < .01$ และ $p < .001$ ตามลำดับ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับผลผลิตของบักวีต พบว่า กลุ่มที่มีผลผลิตมากกว่า 100 กิโลกรัม/ไร่ มีการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำกับการสร้างผลผลิตของบักวีต (R^2=0.190) แสดงให้เห็นว่าอินทรียวัตถุมีบทบาทบางส่วนในการส่งเสริมผลผลิตในกลุ่มนี้ โดยมีบทบาทในการปรับปรุงโครงสร้างดิน การกักเก็บธาตุอาหาร และการเพิ่มความชื้นในดิน ซึ่งเอื้อต่อการเจริญเติบโตของบักวีต สำหรับกลุ่มที่มีผลผลิตน้อยกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางต่อการเพิ่มผลผลิต (R^2=0.308) แสดงว่าฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการพัฒนารากการเจริญเติบโตของต้น และการสร้างเมล็ดในกลุ่มนี้ ความสัมพันธ์ที่เด่นชัดอาจสะท้อนถึงข้อจำกัดของฟอสฟอรัสในดินที่มีอยู่เดิมในแปลงปลูกกลุ่มนี้ ดังภาพ 3



ภาพ 3 รูปแบบความสัมพันธ์ (Regression) ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุและผลผลิตของบักวีต

ในขณะที่การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและคุณภาพของผลผลิต พบว่า สมบัติดินมีความสัมพันธ์กับร้อยละขนาดเมล็ดของบักวีตเพียงอย่างเดียว โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับร้อยละเมล็ดบักวีตขนาดใหญ่ทั้งในกลุ่มที่มีผลผลิต 0-100 กิโลกรัมต่อไร่ และกลุ่มที่มีผลผลิตมากกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดเท่ากับ 0.219 และ 0.194 ตามลำดับ (ภาพ 4)



ภาพ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และร้อยละเมล็ดบักวีตขนาดใหญ่

4. การถ่ายทอดองค์ความรู้การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของบักวีตสู่ชุมชน

การเผยแพร่ผลการวิจัยให้กับกลุ่มเป้าหมายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของบักวีตโดยการถ่ายทอดความรู้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกบักวีตบ้านนากอกจำนวน 20 คน ที่ประสบปัญหาการผลิตที่ได้ผลผลิตบักวีตต่ำและผลผลิตไม่ได้คุณภาพ ดำเนินการโดยนักวิชาการนำเสนอความรู้การผลิตบักวีตและชี้ให้เห็นถึงผลวิจัยความแปรปรวนของผลผลิตบักวีตในกลุ่มที่มีผลผลิตต่ำที่ได้รับผลกระทบจากฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ขณะที่กลุ่มที่ให้ผลผลิตสูงได้รับอิทธิพลจากปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และชี้ให้เห็นถึงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อการสร้างเมล็ดที่สมบูรณ์และคุณภาพของเมล็ดบักวีต ทำให้เกษตรกรเกิดการร่วมกันคิดเพื่อแก้ปัญหาผลผลิตและคุณภาพของบักวีตในชุมชน เกิดการยอมรับผลวิจัยโดยนำไปปรับใช้เทคโนโลยีในแปลงของตนเองและเกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันในแปลงเรียนรู้ขยายผลวิจัยเทคโนโลยีที่เหมาะสมการผลิตบักวีต (ภาพ 5) ตลอดจนร่วมกันเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงเรียนรู้พื้นที่การผลิต 7 ไร่ ได้ผลผลิตบักวีตรวม 1,575 กิโลกรัม ผลผลิตเฉลี่ย 225 กิโลกรัม/ไร่ และนำผลผลิตไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชน ได้แก่ เส้นบักวีตแห้ง ทองม้วน และชาบักวีต เพื่อสร้างรายได้ให้กับกลุ่มและชุมชนต่อไป

ก. แปลงเรียนรู้ขยายผลวิจัยเทคโนโลยีฯ

ข. การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในชุมชน

ค. การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

ง. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกบักวีตบ้านนากอก

ภาพ 5 กระบวนเรียนรู้การขยายผลวิจัยเทคโนโลยีที่เหมาะสมการผลิตบักวีตในชุมชน

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของสมบัติดินต่อปริมาณผลผลิตเมล็ดของบักวีตในพื้นที่บ้านนากอก ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน พบว่าพื้นที่ศึกษามีลักษณะดินร่วนปนทราย มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 4.69-6.14 ซึ่งค่าความเป็นกรดด่าง 4.69 อยู่ในระดับกรดจัด และค่าความเป็นกรดด่าง 6.14 อยู่ในระดับกรดเล็กน้อย อินทรียวัตถุในดินมีค่าเฉลี่ยที่ร้อยละ 1.65 จัดอยู่ในระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าตั้งแต่ 2.13-25.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สอดคล้องกับการรายงานของ Clark (2007) บักวีตมีความสามารถปรับตัวได้ดีกว่าธัญพืชชนิดอื่น ๆ ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือในดินที่มีอินทรียวัตถุที่กำลังย่อยสลายอยู่ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าบักวีตสามารถเจริญเติบโตในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ แต่ผลผลิตจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ผลผลิตบักวีตที่ได้จากแปลงเกษตรกรมีความแปรปรวนตั้งแต่ 25-233 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลการเปรียบเทียบผลผลิตของบักวีตพันธุ์ดังกล่าวในจังหวัดเชียงใหม่ที่มีผลผลิตสูง 232-261 กิโลกรัมต่อไร่ (อาคม กาญจนประโชติ และคนอื่น ๆ, 2548) โดยพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อผลผลิตคือปริมาณอินทรียวัตถุและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ในกลุ่มที่มีผลผลิตน้อยกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญแสดงให้เห็นว่า ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาราก กระบวนการสังเคราะห์แสง การสร้างแป้ง และการพัฒนาเมล็ดของบักวีต ซึ่งตรงข้ามกับในเมล็ดข้าวพบว่าการขาดฟอสฟอรัสอาจทำให้เมล็ดมีขนาดเล็กลงและทำให้เมล็ดงอกช้า (Che et al., 2020) นอกจากนี้ กลุ่มที่มีผลผลิตมากกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตบักวีตได้ เนื่องจากอินทรียวัตถุช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน เพิ่มการกักเก็บน้ำ และช่วยให้รากพืชดูดซึมธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Doley et al., 2020) สำหรับคุณภาพของผลผลิตบักวีต พบว่าขนาดของเมล็ดบักวีตมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงเกินไปอาจกระตุ้นให้บักวีตสร้างเมล็ดขนาดเล็กมากกว่าที่จะเพิ่มขนาดของเมล็ด ซึ่งอาจเกิดจากระดับฟอสฟอรัสที่มากเกินไปอาจส่งผลต่ออัตราการดูดซึมธาตุอาหารอื่น ๆ ได้น้อยลง (Kaur, 2019) อย่างไรก็ตาม ระดับฟอสฟอรัสในดินสูงเกินไปอาจทำให้บักวีตดูดใช้ธาตุอาหารได้น้อยลง และความเป็นกรดด่างในระดับสูงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของบักวีต (Boglaienko et al., 2014) จากผลวิจัยสามารถใช้การถ่ายทอดองค์ความรู้และผลวิจัยในชุมชนเกิดการยอมรับของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรเกิดการเรียนรู้ ปรับใช้ และต่อยอดองค์ความรู้และผลวิจัยที่เหมาะสมกับพื้นที่เกิดทักษะการจัดการที่ได้จากแปลงต้นแบบในการจัดการปัญหาสำคัญในการผลิตบักวีตในชุมชน เกิดกระบวนการผลิตขึ้นใหม่ที่สามารถนำไปใช้ให้เหมาะสมกับแปลงของตนเองและเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของบักวีตให้กับกลุ่มวิสาหกิจและชุมชนได้

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สมบัติดินในพื้นที่ปลูกบักวีตมีความแปรปรวนสูง โดยเฉพาะค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินและปริมาณอินทรียวัตถุ ส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของบักวีตพันธุ์ Taiwan 01 ซึ่งบักวีตมีผลผลิตเฉลี่ยตั้งแต่ 25-233 กิโลกรัมต่อไร่ โดยกลุ่มที่มีผลผลิตต่ำ มีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ในขณะที่กลุ่มที่ให้ผลผลิตสูง ได้รับอิทธิพลจากปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากกว่า ในขณะที่การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มผลผลิตของบักวีต โดยการปรับปรุงอินทรียวัตถุสามารถช่วยปรับปรุงดินให้เหมาะสม

ต่อการเจริญเติบโตของบักวีต นอกจากนี้ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีอิทธิพลต่อการสร้างเมล็ดที่สมบูรณ์และคุณภาพของผลผลิตบักวีต ผลวิจัยนี้สามารถถ่ายทอดให้เกษตรกรและชุมชนสามารถนำไปใช้เพื่อยกระดับการผลิตบักวีตและสร้างรายได้ในชุมชนได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตบักวีตควรมีการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน เช่น การใช้ปุ๋ยพืชสดหรือปุ๋ยอินทรีย์ และควบคุมระดับฟอสฟอรัสให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบต่อขนาดของเมล็ด

2. การส่งเสริมการปลูกบักวีตในพื้นที่สูง ควรให้ความรู้และส่งเสริมการปรับปรุงดินแก่เกษตรกร โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และควรมีการส่งเสริมการปลูกบักวีตในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดีและมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงเหมาะสม พื้นที่ดินเป็นกรดควรปรับปรุงดินให้เหมาะสมและควรวิเคราะห์ปริมาณ Ca, Mg และจุลธาตุร่วมด้วย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ความลึกของดินและความหนาแน่นของดิน ซึ่งอาจมีผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารของบักวีตและอุณหภูมิและปัจจัยทางภูมิอากาศต่อการพัฒนาเมล็ดบักวีต เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดมากขึ้น และควรนำไปต่อยอดออกแบบการวิจัย เช่น ในดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำที่ได้ผลผลิตบักวีตต่ำ โดยการทดสอบการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสม สำหรับการผลิตบักวีต

2. ควรมีการทดสอบแนวทางการปรับปรุงดิน เช่น การใช้วัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และการควบคุมระดับฟอสฟอรัสในดิน เพื่อประเมินผลกระทบที่ชัดเจนต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรกรมการข้าว และคณาจารย์คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ทุกท่าน และขอขอบคุณหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย “การขยายผลวิจัยเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อใช้ประโยชน์จากข้าวและพืชสร้างรายได้บนพื้นที่สูง อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน” ปีงบประมาณ 2566 สัญญาเลขที่ AT66008

เอกสารอ้างอิง

ดารากร อัคฮาดศรี, จุไรรัตน์ ฝอยถาวร, ชฎาพร อุปนันท์, และกาญจนัษ อนันตะ. (2560). *รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยเพื่อฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน.* สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

เนตรนภา อินสลุด, พีรพันธ์ ทองเปลง, วิชญ์ภาส สังพาลี, สุธีระ เหิมฮึก, และทัศนีย์ สีเสนซุย. (2563). คุณสมบัติทางเคมีของดินที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของบักวีต. *วารสารแก่นเกษตร, 48* (ฉบับพิเศษ 1), 561-566. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=18_Agr26.pdf&id=4052&keeptrack=39

อาคม กาญจนประโชติ, ศิวะพงศ์ นฤบาล, วิมล ปันสุภา, ประกิตต์ โกะสูงเนิน, สัมพันธ์ ตาติวงค, และศุภวัฒน์ วดีศิริศักดิ์. (2548). *การศึกษาพันธ์และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตบักวีตบนพื้นที่สูงในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย.* งานพัฒนาและส่งเสริมการผลิตพืชไร่บนพื้นที่สูง มูลนิธิโครงการหลวง.

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International journal of food sciences and nutrition, 60*(sup4), 240-257. https://doi.org/10.1080/09637480902950597

Association of Official Analytical Chemists. (1991). *Quality assurance principles for analytical laboratories* (2nd ed.). AOAC.

Babu, S., Yadav, G., Singh, R., Avasthe, R., Das, A., Mohapatra, K. P., Tahashildar, M., Kumar, K., Thoithoi Devi, M., Rana, D. S., & Prakash, N. (2018). Production technology and multifarious uses of buckwheat (*Fagopyrum* spp.) A review. *Indian Journal of Agronomy, 63*(4), 415-427. https://www.researchgate.net/publication/330451258_Production_technology_and_multifarious_uses_of_buckwheat_Fagopyrum_spp_A_review

Barrow, N., & Hartemink, A. (2023). The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant and Soil, 487*, 21-37. https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5

Bray, R. H., & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science, 59*(1), 39–46. https://doi.org/10.1097/00010694-194501000-00006

Boglaienko, D., Soti, P., Shetty, K. G., & Jayachandran, K. (2014). Buckwheat as a cover crop in Florida: Mycorrhizal status and soil analysis. *Agroecology and Sustainable Food Systems, 38*(9), 1033-1046. https://doi.org/10.1080/21683565.2014.906016

Canadian Grain Commission. (2021). *Official grain grading guide, 13-3-13-15*. Canadian Grain Commission.

Che, J., Yamaji, N., Miyaji, T., Mitani-Ueno, N., Kato, Y., Shen, R. F., & Ma, J. F. (2020). Node-localized transporters of phosphorus essential for seed development in Rice. *Plant and Cell Physiology, 61*(8), 1387-1398. https://doi.org/10.1093/pcp/pcaa074

Clark, A. (2007). *Managing cover crops profitably* (3rd ed.). Sustainable Agriculture Network.

Day, P. R. (1965). Particle fractionation and particle-size analysis. In C. A. Black (Ed.), *Methods of soil analysis. Part I. Agronomy Monograph No. 9* (pp.545-567). American Society of Agronomy.

Doley, M., Phukon, S. K., Borah, K., Bora, S. S., & Rahman, S. W. (2020). Role of soil organic matter in maintaining sustainability of cropping systems. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9*(1), 1050-1058. https://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue1/PartR/8-6-248-806.pdf

Giménez-Bastida, J. A., & Zieliński, H. (2015). Buckwheat as a functional food and its effects on health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63*(36), 7896-7913. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02498

Kaur, H. (2019). Availability of micronutrient cations in soils as influenced by phosphorus fertilization – a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *8*(9), 1946–1952. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.809.224

Possinger, A. R., Byrne, L. B., & Breen, N. E. (2013). Effect of buckwheat (Fagopyrum esculentum) on soil-phosphorus availability and organic acids. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *176*(1), 16–18. https://doi.org/10.1002/jpln.201200337

R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. https://www.r-project.org

Tang, L., Tang, J., Huang, K., & Huang, X. (2024). Potassium fertilizer promotes the thin-shelled Tartary buckwheat yield by delaying senescence and promoting grain filling. *Frontiers in Plant Science*, *15*. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1385548

Thomas, G. W. (1982). Exchangeable cations. In A. L. Page (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties* (2nd ed., pp.159–165). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.

Vijaya Bhaskar Reddy, U., Prabhakara Reddy, G., Srinivasa Reddy, M., & Kavitha, P. (2018). Effect of different nitrogen and phosphorus levels on growth and yield of maize during kharif season. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(1), 3548–3555. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.416

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science, 37*(1), 29–38. https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003

Zhou, L., Chu, J., Zhang, Y., Wang, Q., Ye, Y., & Zhao, B. (2024). Effect of biochar application on the improvement of soil properties and buckwheat (fagopyrum esculentum moench) yield on two contrasting soil types in a semi-arid region of inner Mongolia. *Agronomy, 14*(6), 1137. https://doi.org/10.3390/agronomy14061137

Zhu, Y. G., He, Y. Q., Smith, S. E., & Smith, F. A. (2002). Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) has high capacity to take up phosphorus (P) from a calcium (Ca)-bound Source. *Plant and Soil, 239,* 1-8. https://doi.org/10.1023/A:1014958029905

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

2

การพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

วันที่รับ: 27 เมษายน 2568
วันที่แก้ไข: 18 กันยายน 2568
วันที่ตอบรับ: 23 กันยายน 2568

กฤษตธี สุนันตา[1*] และ วินิจ ผาเจริญ[1]
[1]วิทยาลัยบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
*Corresponding author e-mail: kristathi@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สภาพการใช้ประโยชน์และการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตร และเพื่อพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืนของชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้การวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม กลุ่มผู้ให้ข้อมูลประกอบด้วย ผู้นำชุมชน คณะกรรมการหมู่บ้าน กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ตัวแทนกลุ่มองค์กรภาครัฐและเอกชน และประชาชนในพื้นที่ รวมทั้งสิ้น 25 คน การเก็บข้อมูลดำเนินการผ่านการศึกษาเอกสาร การสัมภาษณ์เชิงลึก การสนทนากลุ่ม การสังเกต วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและนำเสนอในลักษณะเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า ชุมชนบ้านหนองบัวพึ่งพาน้ำฝนเป็นแหล่งน้ำหลักในการเพาะปลูก โดยมีแหล่งน้ำรอง เช่น เหมืองฝาย ลำห้วย และบ่อน้ำบาดาล ซึ่งมีปริมาณจำกัดและมักแห้งขอดในฤดูแล้ง ส่งผลให้การเพาะปลูกหยุดชะงักบางช่วงปี การจัดสรรน้ำภายในชุมชนยังขาดระบบและกลไกการบริหารจัดการที่ชัดเจน ทำให้เกิดความไม่เท่าเทียมในการเข้าถึงน้ำและความขัดแย้งระหว่างกลุ่มเกษตรกรบางส่วน อย่างไรก็ตาม ชุมชนยังคงรักษาภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น การใช้ระบบเหมืองฝาย การสร้างฝายชะลอน้ำด้วยวัสดุธรรมชาติ และการแบ่งปันน้ำในครัวเรือน ซึ่งสะท้อนถึงทุนทางสังคมและวัฒนธรรมที่เข้มแข็ง และผลการพัฒนารูปแบบการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืนเป็นแนวทางใหม่ที่ผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับเทคโนโลยีที่เหมาะสม ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ 1) การจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วมของชุมชน โดยจัดตั้งคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำที่มีตัวแทนจากทุกภาคส่วนร่วมกันวางแผนและตัดสินใจ 2) การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น เหมืองฝายดั้งเดิมร่วมกับเทคโนโลยีเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำแบบเรียลไทม์ ระบบเปิด–ปิดน้ำอัตโนมัติ และการใช้แหล่งน้ำสำรองในฤดูแล้ง และ 3) การส่งเสริมความรู้และวินัยการใช้น้ำของเกษตรกรผ่านการอบรม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการบันทึกข้อมูลการใช้น้ำอย่างโปร่งใส เพื่อให้เกิดความรับผิดชอบร่วมกันในการใช้ทรัพยากรน้ำ ดังนั้นผลการดำเนินงานส่งผลให้เกิดผลกระทบ 3 ด้านสำคัญ ได้แก่ 1) ด้านชุมชน มีระบบจัดการน้ำร่วมกันที่โปร่งใส ลดความขัดแย้ง และใช้น้ำอย่างเท่าเทียม 2) ด้านนโยบาย รูปแบบที่พัฒนาขึ้นเป็นต้นแบบให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDG 6, SDG 13) และ 3) ด้านองค์ความรู้ เกิดองค์ความรู้ใหม่ว่าด้วยการผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นกับนวัตกรรมเทคโนโลยีเพื่อการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การจัดการน้ำเพื่อการเกษตร, การมีส่วนร่วมของชุมชน, ภูมิปัญญาท้องถิ่น

DEVELOPMENT OF A SUSTAINABLE WATER UTILIZATION AND MANAGEMENT MODEL FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE: A CASE STUDY OF BAN NONG BUA COMMUNITY, CHOENG DOI SUBDISTRICT, DOI SAKET DISTRICT, CHIANG MAI PROVINCE

Received: April 27, 2025
Revised: September 18, 2025
Accepted: September 23, 2025

Kristathi Sunanta[1*] and Winit Pharcharuen[1]
[1]School of Administrative Studies, Maejo University, Chiang Mai, Thailand
*Corresponding author e-mail: kristathi@mju.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to analyze the current utilization and management of water resources for agriculture in Ban Nong Bua Community, Choeng Doi Subdistrict, Doi Saket District, Chiang Mai Province, and to develop a sustainable model for agricultural water utilization and management. A Participatory Action Research (PAR) approach was employed. The key informants consisted of community leaders, village committee members, subdistrict heads, village heads, representatives from government and private organizations, and local residents-a total of 25 participants. Data were collected through document analysis, in-depth interviews, focus group discussions, and field observations, and were analyzed using content analysis and descriptive presentation. The results revealed that Ban Nong Bua Community relied mainly on rainfall for cultivation, with limited secondary water sources such as Mueang Fai irrigation canals, streams, and groundwater wells, which would often dry up during the dry season, causing disruptions in farming activities. The community lacked a systematic and transparent water allocation mechanism, resulting in unequal access and occasional conflicts among farmer groups. Nevertheless, local wisdom-such as traditional Mueang Fai systems, the construction of bamboo check dams, and household-level water sharing-remained a vital social and cultural asset. Furthermore, results from the present study developed a Sustainable Agricultural Water Management Model integrating local wisdom with appropriate technology, consisting of three main components: 1) participatory community-based water management through the establishment of a community water management committee representing all sectors; 2) integration of local wisdom with modern technology, such as real-time water-level sensors, automatic water control systems, and supplementary reservoirs for drought periods; and 3) capacity building and promotion of responsible water use through training,

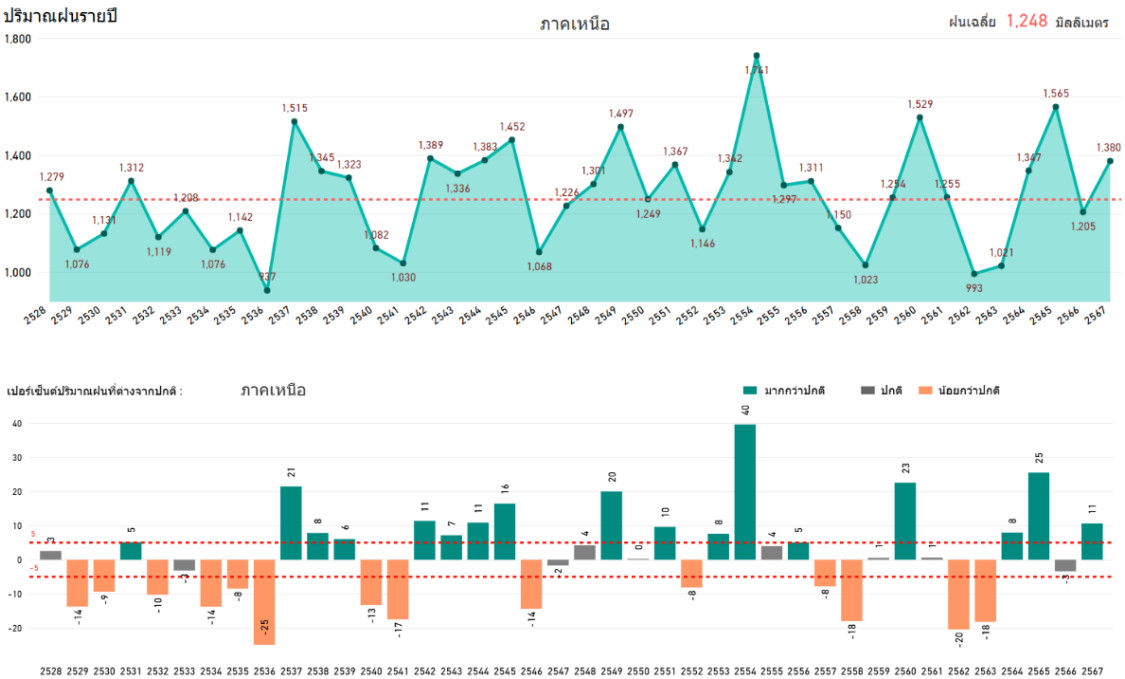
knowledge sharing, and transparent water-use recording. The findings revealed three key impacts: 1) community impact; the community established a transparent and equitable participatory water management system that reduced conflicts; 2) policy impact; the developed model served as a prototype for local administrative organizations and aligns with the Sustainable Development Goals (SDG 6 and SDG 13); and 3) knowledge impact; new insights were generated on integrating indigenous wisdom with technological innovation for sustainable water resource management.

Keywords: Agricultural water management, Community participation, Local wisdom

บทนำ

น้ำถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะในภาคการเกษตรที่พึ่งพิงน้ำเป็นปัจจัยหลักในการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ประเทศไทยต้องเผชิญกับความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ที่รุนแรงขึ้น ทั้งภัยแล้งที่ยาวนานขึ้น ปริมาณฝนที่ไม่สม่ำเสมอ และน้ำท่วมฉับพลันในหลายพื้นที่ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตทางการเกษตร ความมั่นคงทางอาหาร และรายได้ของเกษตรกร (อภิญญา ศรีเงินยวง และรภัสสรณ์ คงธนจารุอนันต์, 2568) ข้อมูลสถิติพบว่า ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2548–2567) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของประเทศไทยมีแนวโน้มผันผวนสูง บางปีฝนตกต่ำกว่าค่าเฉลี่ยถึงร้อยละ 20–30 ทำให้เกิดวิกฤติภัยแล้ง ขณะที่บางปีมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าเฉลี่ย ส่งผลให้เกิดน้ำหลากและน้ำท่วมฉับพลันในหลายจังหวัด (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2567) ปัญหาเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่าระบบการจัดการน้ำแบบเดิมไม่เพียงพอที่จะรองรับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนได้

ภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งถือเป็นแหล่งต้นน้ำสำคัญของประเทศ กำลังเผชิญความท้าทายด้านทรัพยากรน้ำที่ทวีความซับซ้อนมากขึ้น รายงานสถานการณ์น้ำประเทศไทย ปี 2567 ระบุว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำสาขามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดช่วง 15 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในฤดูแล้งที่ปริมาณน้ำไหลผ่านลำน้ำสาขาลดลงกว่าร้อยละ 25 จากค่าเฉลี่ยระยะยาว ขณะเดียวกันข้อมูลสถิติฝนรายปีย้อนหลังในรอบ 40 ปี ก็สะท้อนถึงความผันผวนที่ชัดเจน โดยในปีล่าสุดภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,437 มิลลิเมตร สูงกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละ 3 ขณะที่ภาคเหนือมีฝนเฉลี่ย 1,380 มิลลิเมตร สูงกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละ 11 แตกต่างจากปีก่อนหน้าที่มีปริมาณฝนต่ำกว่าปกติร้อยละ 3 การเปรียบเทียบเชิงสถิติในระยะยาวจึงชี้ให้เห็นถึงความไม่แน่นอนของปริมาณฝนและน้ำท่า ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อระบบการผลิตทางการเกษตรและความมั่นคงทางอาหารของภูมิภาค (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2567) ดังภาพ 1 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 40 ปี



ภาพ 1 ปริมาณฝนเปรียบเทียบข้อมูลสถิติฝนรายปีย้อนหลังในรอบ 40 ปี

ที่มา: รายงานสถานการณ์น้ำประเทศไทย ปี 2567

จังหวัดเชียงใหม่เป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและการเกษตร กำลังเผชิญกับความท้าทายจากความผันผวนของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเพาะปลูกในฤดูแล้ง ขณะเดียวกันในฤดูฝนกลับประสบกับปัญหาน้ำหลากและดินถล่มซ้ำซ้อน อันส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้มีรายงานว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของจังหวัดเชียงใหม่มีความผันผวนสูง ขณะที่ปริมาณน้ำไหลในเขื่อนแม่งัด เขื่อนแม่กวงอุดมธารา และแหล่งน้ำสำคัญอื่น ๆ มีแนวโน้มลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก อาทิ ข้าว ข้าวโพด และพืชผัก เนื่องจากขาดแคลนน้ำในการผลิตทางการเกษตร ส่งผลให้เกษตรกรได้รับความเดือดร้อนและอาจกระทบต่อรายได้โดยตรง (กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงค์ และคนอื่น ๆ, 2567; ความเสี่ยงภัยแล้งและน้ำท่วมปี 2567, 2567; เมธาฤทธิ์ แนมสัย และคนอื่น ๆ, 2566) สถานการณ์ดังกล่าวจึงถือเป็นปัจจัยที่บั่นทอนทั้งความมั่นคงทางการเกษตรและศักยภาพในการปรับตัวของชุมชนท้องถิ่นอย่างมีนัยสำคัญ

ชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่เผชิญปัญหาดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ราบเชิงเขา มีลำห้วยสายหลักไหลผ่านหลายสาย แม้จะมีแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ชุมชนกลับประสบปัญหาการจัดสรรน้ำที่ไม่ทั่วถึง ในฤดูแล้งเกษตรกรจำนวนมากไม่สามารถเข้าถึงน้ำได้เพียงพอ ขณะที่ในฤดูฝนกลับต้องเผชิญกับน้ำหลากและน้ำท่วมฉับพลันซึ่งสร้างความเสียหายแก่พื้นที่เกษตรกรรมและโครงสร้างพื้นฐานในหมู่บ้าน (ภูทนน วงศ์กุลยา, สัมภาษณ์, 11 มีนาคม 2567) อีกทั้งการจัดการน้ำในระดับชุมชนยังประสบปัญหาขาดระบบบริหารจัดการที่มีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน การวางแผน การควบคุมการใช้น้ำ และการประเมินผลยังไม่เป็นระบบ ทำให้เกิดความไม่เสมอภาคในการเข้าถึงน้ำ ความขัดแย้งระหว่างกลุ่มผู้ใช้น้ำ และการละเลยภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีคุณค่า เช่น ระบบเหมืองฝาย ฝายชะลอน้ำ และการจัดการน้ำแบบดั้งเดิมที่เคยช่วยสร้างสมดุลระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเรื่องการพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ จึงมีความสำคัญทั้งในเชิงนโยบาย เชิงวิชาการ และเชิงพื้นที่ โดยมีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ 1) เพื่อวิเคราะห์สภาพการใช้ประโยชน์และการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรของชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ และ 2) เพื่อการพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งตอบโจทย์วิถีชีวิต ภูมิปัญญา และทรัพยากรของชุมชนท้องถิ่น อันจะนำไปสู่การเสริมสร้างศักยภาพของชุมชนในการพึ่งพาตนเอง และเป็นต้นแบบในการขยายผลสู่พื้นที่อื่น ๆ ในอนาคตได้อย่างเป็นรูปธรรม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์สภาพการใช้ประโยชน์และการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรของชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

2. เพื่อการพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research: PAR) โดยเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในทุกขั้นตอน เพื่อร่วมกันค้นหา พัฒนา และออกแบบรูปแบบการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน มีกระบวนการวิจัยแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การวิจัยครั้งนี้ใช้แนวทางซึ่งเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในทุกกระบวนการวิจัย ตั้งแต่การวิเคราะห์สถานการณ์ การค้นหาปัญหา การออกแบบแนวทางการจัดการ ตลอดจนการประเมินผลและการปรับปรุงแนวทางการจัดการน้ำร่วมกัน จุดเด่นของการวิจัยรูปแบบนี้ คือ การส่งเสริมให้ชุมชนมีอำนาจในการกำหนดแนวทางพัฒนาด้วยตนเอง (Empowerment) ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ยั่งยืน

2. ผู้ให้ข้อมูล กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยประกอบด้วยบุคคลที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำในชุมชนบ้านหนองบัว รวมทั้งหมด 25 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ลึกซึ้งจากผู้มีประสบการณ์ตรง ประกอบด้วย ได้แก่

2.1 ผู้นำชุมชน ได้แก่ ประธานกลุ่มน้ำ ประธานวิสาหกิจชุมชน จำนวน 5 คน

2.2 คณะกรรมการหมู่บ้าน ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการบริหารจัดการน้ำ จำนวน 5 คน

2.3 กำนัน/ผู้ใหญ่บ้าน ซึ่งมีบทบาทในการเชื่อมโยงระหว่างรัฐกับชุมชน จำนวน 2 คน

2.4 ตัวแทนองค์กรภาครัฐและเอกชน ได้แก่ สำนักงานเกษตรอำเภอ สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค จำนวน 4 คน

2.5 ตัวแทนประชาชน โดยเฉพาะเกษตรกรที่มีประสบการณ์ตรงด้านการใช้น้ำเพื่อการเกษตร จำนวน 9 คน

3. เครื่องมือการวิจัย การเก็บข้อมูลใช้เครื่องมือหลากหลายเพื่อให้ครอบคลุมและสามารถวิเคราะห์เชิงลึก ได้แก่

3.1 การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) เพื่อเก็บข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประสบการณ์ แนวคิด และข้อเสนอแนะของผู้ให้ข้อมูล

3.2 การสนทนากลุ่ม (Focus group discussion guide) เพื่อแลกเปลี่ยนมุมมองในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการน้ำ และระดมความคิดเห็นเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการน้ำร่วมกัน

3.3 แบบสังเกต (Observation form) ใช้สำหรับการสังเกตสภาพแวดล้อม ระบบการใช้น้ำ และพฤติกรรมของชุมชนในบริบทจริง

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ระยะหลัก ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและบริบทของพื้นที่ ศึกษาข้อมูลเอกสาร เช่น แผนพัฒนาหมู่บ้าน รายงานโครงการ และสถิติการใช้น้ำ เพื่อสร้างความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพพื้นที่และปัญหาการจัดการน้ำ

ระยะที่ 2 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลเชิงลึก การดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึก สนทนากลุ่ม และการสังเกตการณ์ เพื่อตรวจสอบและทำความเข้าใจมิติของปัญหาจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยตรง

ระยะที่ 3 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) ร่วมกับชุมชนในการพัฒนารูปแบบการจัดการน้ำในพื้นที่ พร้อมจัดเวทีสะท้อนผลการดำเนินงาน เพื่อปรับปรุงและพัฒนารูปแบบให้มีความเหมาะสมมากขึ้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยการจำแนกข้อมูลออกเป็นประเด็นหลักตามวัตถุประสงค์การวิจัยแล้วทำการตีความหมาย สังเคราะห์ความเชื่อมโยงและจัดระบบ จากนั้น

นำเสนอในรูปแบบพรรณนา (Descriptive analysis) เพื่ออธิบายบริบท แนวโน้มและผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการวิจัย พร้อมสะท้อนความคิด ความรู้สึก และข้อเสนอแนะจากผู้ให้ข้อมูล

6. การรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากวิทยาลัยบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้รหัสโครงการวิจัยที่ 04/2565 โดยได้รับการรับรองด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2567 ภายใต้หมายเลขใบรับรอง ว.435/2567

ผลการวิจัย

จากการศึกษาเรื่องการพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งคณะผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. วิเคราะห์สภาพการใช้ประโยชน์และการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรของชุมชนบ้านหนองบัว จากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการสนทนากลุ่มกับชาวบ้าน ผู้นำชุมชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง พบว่า

1.1 การใช้ทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตร ถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารและความยั่งยืนของชุมชน ทั้งนี้ มีประเด็นสำคัญจากการวิเคราะห์สภาพการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำ ได้แก่

1.1.1 การพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลัก ในชุมชนบ้านหนองบัว การเกษตรส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาน้ำฝนเป็นแหล่งน้ำหลัก โดยเฉพาะในการปลูกข้าวในฤดูนาปี ซึ่งสะท้อนถึงความเชื่อมโยงที่แน่นแฟ้นระหว่างชีวิตชาวเกษตรกรและธรรมชาติ การใช้น้ำฝนทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีความผันผวนอย่างมากตามปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในแต่ละปี การพึ่งพาน้ำฝนในลักษณะนี้ทำให้เกษตรกรต้องพัฒนาความสามารถในการรับมือกับความไม่แน่นอนของธรรมชาติ โดยใช้วิธีการจัดการที่มีความยืดหยุ่น เช่น การปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกพืชหรือการเลือกชนิดพืชที่ทนทานต่อการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง

1.1.2 แหล่งน้ำรองรับที่ไม่มั่นคง แหล่งน้ำในชุมชนบ้านหนองบัวส่วนใหญ่ประกอบด้วยลำห้วย หนองน้ำธรรมชาติ และบ่อน้ำบาดาลบางจุด ซึ่งปริมาณน้ำในแหล่งเหล่านี้มีข้อจำกัดและมีปัญหาการแห้งขอดในช่วงฤดูแล้ง การขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งทำให้ชาวบ้านไม่สามารถทำการเกษตรนอกฤดูกาลได้ ซึ่งส่งผลให้การผลิตพืชในพื้นที่เป็นไปอย่างจำกัดในบางช่วงเวลา ชาวบ้านจึงต้องพึ่งพาวิธีการเก็บน้ำฝนในช่วงฤดูฝนเพื่อเก็บไว้ใช้ในช่วงที่น้ำขาดแคลน

1.1.3 การใช้น้ำร่วมในระดับครัวเรือน แม้ว่าจะมีการใช้แหล่งน้ำที่ไม่มั่นคง แต่ชาวบ้านมีการแบ่งปันการใช้น้ำในระดับครัวเรือนหรือภายในกลุ่มเครือญาติ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง การแบ่งปันนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นของชุมชนและการช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกัน อย่างไรก็ตาม การจัดสรรน้ำในชุมชนยังคงเป็นเรื่องที่ไม่ได้มีระบบการจัดการที่เป็นทางการหรือแผนร่วมกันของทั้งชุมชน ทำให้การใช้น้ำในบางครั้งเกิดความไม่เป็นธรรมและขาดความโปร่งใสในการจัดสรร

1.2 การจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรถือเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความมั่นคงทางอาหาร และส่งเสริมคุณภาพชีวิตของวิถีชีวิตเกษตรกรในชุมชน โดยมีประเด็นสำคัญที่พิจารณาการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตร ดังต่อไปนี้

1.2.1 การบริหารจัดการโดยกลุ่มเกษตรกร ในด้านการจัดการน้ำเพื่อการเกษตร ชุมชนบ้านหนองบัว มีการบริหารจัดการน้ำโดยกลุ่มเกษตรกรในระดับท้องถิ่น ถึงแม้ว่าจะไม่มีองค์กรที่จัดการน้ำอย่างเป็นทางการ แต่การรวมกลุ่มเกษตรกรบางกลุ่มได้ช่วยกันดูแลแหล่งน้ำที่มีอยู่ โดยเฉพาะการขุดลอกลำห้วยและการซ่อมแซมฝายชะลอน้ำ ซึ่งสะท้อนถึงการจัดการที่เน้นการมีส่วนร่วมของชุมชน รูปแบบการจัดการนี้เป็นแบบ “ชุมชนเป็นฐาน” ที่ชาวบ้านมีบทบาทในการตัดสินใจและการดำเนินการอย่างแท้จริง โดยไม่ต้องพึ่งพาภาครัฐหรือหน่วยงานภายนอกอย่างเต็มที่

1.2.2 การขาดการสนับสนุนจากภาครัฐ การศึกษาพบว่า ชาวบ้านยังคงเผชิญกับปัญหาการขาดการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะมีโครงการจากหน่วยงานรัฐในบางครั้ง เช่น การขุดลอกลำห้วย การสร้างฝาย หรือการวางแผนระบบชลประทาน แต่ลักษณะของการสนับสนุนเหล่านี้ยังคงเป็นแบบครั้งคราวและขาดความต่อเนื่อง ซึ่งทำให้การจัดการทรัพยากรน้ำในระยะยาวไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ การขาดการมีส่วนร่วมของชุมชนในการวางแผนและตัดสินใจในโครงการต่าง ๆ ยังเป็นปัญหาหลักที่ต้องได้รับการแก้ไขเพื่อให้ชุมชนมีความสามารถในการจัดการทรัพยากรน้ำได้ด้วยตนเอง

1.2.3 การฟื้นฟูแหล่งน้ำโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น หนึ่งในวิธีที่ชุมชนใช้ในการจัดการทรัพยากรน้ำคือการฟื้นฟูแหล่งน้ำโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น การขุดหนองน้ำ การสร้างฝายชะลอน้ำด้วยวัสดุธรรมชาติอย่างไม้ไผ่ และการรักษาป่าต้นน้ำ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศและการจัดการน้ำในระยะยาว ชุมชนบ้านหนองบัวยังคงมีความเชื่อดั้งเดิมในการรักษาป่าต้นน้ำและการดูแลสิ่งแวดล้อม เพื่อให้แหล่งน้ำที่ใช้ในการเกษตรมีความอุดมสมบูรณ์และสามารถรองรับความต้องการของชุมชนได้อย่างยั่งยืน

การจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรของชุมชนบ้านหนองบัวสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของชุมชนในการผสมผสานองค์ความรู้ท้องถิ่นเข้ากับการปรับตัวต่อความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม แม้ว่าชุมชนจะยังคงพึ่งพาน้ำฝนเป็นแหล่งน้ำหลัก และเผชิญกับข้อจำกัดด้านความมั่นคงของแหล่งน้ำ แต่รูปแบบการบริหารจัดการที่ยึดหลักการมีส่วนร่วมของชุมชนร่วมกับการฟื้นฟูแหล่งน้ำด้วยแนวทางดั้งเดิมยังคงเป็นจุดแข็งสำคัญที่สนับสนุนความสามารถในการดำรงอยู่และความยืดหยุ่นของชุมชน อย่างไรก็ตาม การขาดการสนับสนุนเชิงนโยบายจากภาครัฐและการไม่มีแผนการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างเป็นระบบ ยังคงเป็นข้อจำกัดสำคัญที่ควรได้รับการพัฒนาเพื่อยกระดับประสิทธิภาพและความยั่งยืนของการจัดการทรัพยากรน้ำในชุมชนบ้านหนองบัวต่อไป

2. การพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ จากการศึกษาเชิงคุณภาพและการมีส่วนร่วมของชุมชน พบว่า การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืนในชุมชนบ้านหนองบัวควรพัฒนาบนพื้นฐานของภูมิปัญญาท้องถิ่นควบคู่กับองค์ความรู้สมัยใหม่ โดยเน้น 3 แนวทางสำคัญ ดังนี้

2.1 การพัฒนารูปแบบการจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วมของชุมชน

2.1.1 การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การวางแผน การตัดสินใจ การดำเนินการ และการติดตามประเมินผล เป็นหัวใจของการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน

2.1.2 การจัดตั้งคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำระดับชุมชน ที่มีตัวแทนจากทุกกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเกษตรกร กลุ่มสตรี ผู้สูงอายุ และกลุ่มเยาวชน ทำให้การบริหารน้ำเกิดความโปร่งใส เป็นธรรมและยั่งยืน

2.2 การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม

2.2.1 การนำระบบเหมืองฝายแบบดั้งเดิมซึ่งเป็นกลไกการจัดสรรน้ำร่วมกันของชุมชน มาเป็นฐานในการพัฒนาระบบ

2.2.2 การพัฒนาระบบฝายและคลองส่งน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำแบบเรียลไทม์ และระบบเปิด-ปิดน้ำอัตโนมัติ (Smart valve) ที่สามารถควบคุมการส่งน้ำตามตารางการเพาะปลูก

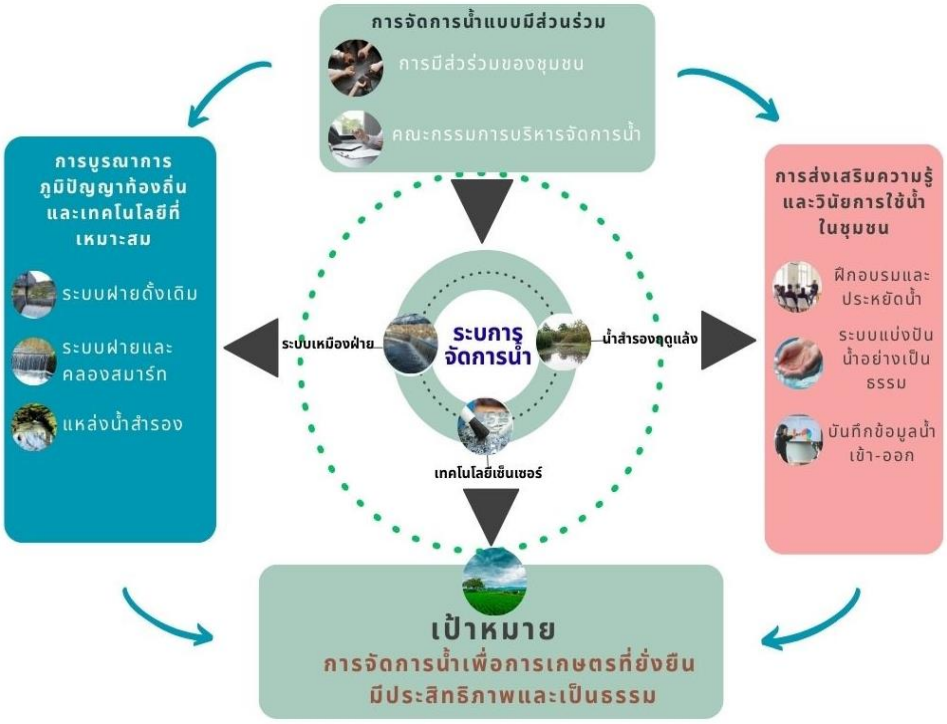
2.2.3 การใช้แหล่งน้ำสำรอง เช่น บ่อเก็บน้ำในไร่นา/ระบบฝายชะลอน้ำ เพื่อรองรับฤดูแล้ง

2.3 การส่งเสริมความรู้และการสร้างวินัยการใช้น้ำในชุมชน

2.3.1 มีการจัดฝึกอบรมให้กับเกษตรกรในเรื่องการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า และเทคนิคการประหยัดน้ำ เช่น ระบบน้ำหยด การปลูกพืชใช้น้ำน้อย เป็นต้น

2.3.2 ส่งเสริมระบบการแบ่งปันน้ำอย่างเป็นธรรม (Water sharing model) เช่น การกำหนดคิวใช้น้ำรายแปลงและการแจ้งปริมาณน้ำใช้ล่วงหน้า เป็นต้น

2.3.3 การบันทึกข้อมูลน้ำเข้า-ออกของแต่ละแปลงเพื่อให้เกิดความโปร่งใส



ภาพ 2 แสดงแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีประเด็นที่นำมาอภิปรายผลประกอบด้วยดังนี้

1. จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการน้ำในชุมชนบ้านหนองบัวสะท้อนถึงปัญหาหลักที่เกิดจากความไม่มั่นคงของแหล่งน้ำและการขาดระบบการจัดสรรน้ำที่เป็นระบบ ซึ่งเกษตรกรต้องพึ่งพาภูมิปัญญาท้องถิ่นในการฟื้นฟูแหล่งน้ำเพื่อความยั่งยืน การที่การจัดการน้ำในชุมชนขาดการสนับสนุนจากภาครัฐและการขาดการวางแผนที่ต่อเนื่องส่งผลให้การจัดการน้ำไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรได้อย่างเต็มที่ และการที่ชุมชนบ้านหนองบัวพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลักในการเกษตรนั้น แสดงให้เห็นถึงความไม่มั่นคงของแหล่งน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ

ปิยนาถ อิ่มดี (2567) ที่ระบุว่าการเกษตรในหลายพื้นที่ของประเทศไทยยังต้องเผชิญกับปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งและการท่วมขังในฤดูฝน ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้น การปรับตัวของเกษตรกรที่เลือกใช้พันธุ์พืชที่ทนแล้งและการปรับวิธีการปลูกให้เหมาะสมกับสภาพอากาศที่แปรปรวนถือเป็นการตอบสนองต่อความท้าทายในระดับท้องถิ่น ซึ่งการปรับตัวเช่นนี้สะท้อนทฤษฎีของ Adaptation to climate change ที่ชี้ให้เห็นว่าการปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตและการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับชุมชน (นิติภา วรพันธ์ตระกูล และคนอื่น ๆ, 2565) แม้ว่าการปรับตัวของเกษตรกรจะสามารถช่วยให้การเกษตรดำเนินต่อไปได้ แต่การที่ยังคงพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลักแสดงถึงข้อจำกัดที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ Ostrom (1990) ที่กล่าวว่า การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นสาธารณะจำเป็นต้องมีการวางแผนและการควบคุมที่มีประสิทธิภาพจากทั้งภาครัฐและชุมชน หากขาดการสนับสนุนจากภาครัฐและการมีส่วนร่วมจากผู้มีส่วนได้เสียในระดับท้องถิ่น จะทำให้การจัดการน้ำมีประสิทธิภาพ (อดิศร ภู่สาระ และสุมาลินี สาดส่าง, 2564) นอกจากนั้นยังพบว่าชุมชนมีการจัดสรรน้ำขาดความเป็นระบบ แม้จะมีการแบ่งปันน้ำในครัวเรือนเพื่อความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน แต่การจัดสรรน้ำยังขาดความเป็นระบบและไม่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรทุกกลุ่มได้อย่างทั่วถึง ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดในการจัดการทรัพยากรน้ำในชุมชนในลักษณะชุมชนเป็นฐาน โดยขาดการสนับสนุนจากภาครัฐในการวางแผนและการจัดการอย่างเป็นระบบ การขาดความชัดเจนในการจัดสรรน้ำทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างกลุ่มผู้ใช้น้ำและลดทอนความสามารถในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การวิพากษ์ผลการวิจัยนี้สามารถเชื่อมโยงกับแนวคิดของการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ ที่เห็นว่าการจัดการน้ำต้องอาศัยหลักการตลาดและกลไกของราคาในการกระจายทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (จิณณวัฒน์ รัตนโยธาสกุล และจักรวาล สุขไมตรี, 2568) แต่ในกรณีของชุมชนบ้านหนองบัว การนำหลักการตลาดมาใช้ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐานของชุมชนได้เท่าที่ควร เนื่องจากความยากจนและขาดแคลนทรัพยากรที่จำเป็นในการลงทุนในเทคโนโลยีหรือโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถช่วยให้การจัดการน้ำมีความยั่งยืนมากขึ้น

สิ่งที่สำคัญในชุมชนคือการฟื้นฟูแหล่งน้ำด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น ได้แก่ การขุดหนองและสร้างฝายชะลอน้ำด้วยไม้ไผ่ รวมถึงการรักษาป่าต้นน้ำ ถือเป็นวิธีที่ชุมชนบ้านหนองบัวใช้เพื่อรับมือกับสถานการณ์ที่ไม่แน่นอนของแหล่งน้ำ ซึ่งการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการฟื้นฟูแหล่งน้ำนี้สอดคล้องกับทฤษฎี Traditional ecological knowledge (TEK) ที่ยืนยันว่าการใช้ความรู้พื้นบ้านในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติสามารถสร้างความยั่งยืน (นฤพจน์ พุธวัฒนะ, 2561) นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เทวิน สมยาเย็น และคนอื่น ๆ (2566) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการรักษาป่าต้นน้ำและการใช้เทคโนโลยีง่าย ๆ เช่น การสร้างฝายชะลอน้ำเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการเข้าถึงแหล่งน้ำ ทั้งนี้การใช้วิธีดังกล่าวไม่เพียงแต่ช่วยในการรักษาน้ำได้อย่างยั่งยืนแต่ยังเป็นการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการทรัพยากรน้ำ ซึ่งสะท้อนถึงแนวทางการพัฒนาแบบยั่งยืนตามหลักของการพัฒนาเชิงระบบที่เชื่อมโยงสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมเข้าด้วยกัน อย่างไรก็ตามสิ่งที่ชุมชนขาดการสนับสนุนจากภาครัฐ แม้ว่าชุมชนเป็นฐานจะช่วยให้ชุมชนสามารถบริหารจัดการน้ำได้บางส่วนแต่การขาดการสนับสนุนจากภาครัฐในเรื่องการวางแผนและจัดการทรัพยากรน้ำอย่างเป็นระบบ ยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญในการพัฒนาการจัดการน้ำให้ยั่งยืน การวิพากษ์ผลการวิจัยนี้สามารถเชื่อมโยงกับแนวคิด Good governance ที่กล่าวถึงการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติด้วยหลักการมีส่วนร่วมและความโปร่งใส (ปกิตน์ สันตินิยม, 2564) ซึ่งยังไม่สามารถบรรลุผลในระดับท้องถิ่นหากขาดการมีส่วนร่วมและการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างเต็มที่

2. การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืนในชุมชนบ้านหนองบัวนั้น จำเป็นต้องผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับองค์ความรู้และเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้าด้วยกัน โดยมีการเน้นการมีส่วนร่วมของเกษตรกรและชุมชนในทุกขั้นตอนของกระบวนการ ทั้งจากการวางแผน การตัดสินใจ การดำเนินงาน ไปจนถึงการติดตามประเมินผล นอกจากนี้ยังมีการจัดตั้งคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำระดับชุมชนเป็นศูนย์กลางในการรวบรวมและประสานข้อมูลด้านการใช้น้ำ ซึ่งการฟื้นฟูระบบเหมืองฝายดั้งเดิมและการนำเทคโนโลยีเสริมประสิทธิภาพ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ ระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติ และการจัดทำแหล่งน้ำสำรองเพื่อรองรับฤดูแล้ง มีผลทำให้เกิดระบบการจัดการที่โปร่งใส เป็นธรรม และตอบสนองต่อความต้องการใช้น้ำของเกษตรกรในพื้นที่อย่างแท้จริง ซึ่งมีประเด็นที่น่าสนใจนำมาอภิปรายผลประกอบด้วยดังนี้

2.1 การผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีสมัยใหม่ ผลการวิจัยพบว่า การนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีที่ทันสมัยถือเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาการบริหารจัดการน้ำในชุมชนบ้านหนองบัว ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีอยู่ เช่น ระบบเหมืองฝายและวิธีการแบ่งปันน้ำระหว่างครัวเรือน เป็นองค์ความรู้ที่สืบทอดกันมาอย่างยาวนาน และได้รับการพิสูจน์ว่าช่วยให้ชุมชนมีการบริหารจัดการน้ำด้วยความร่วมมือและความไว้วางใจ ในขณะเดียวกัน เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำและระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติ ช่วยให้การจัดการน้ำมีความแม่นยำและสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศได้อย่างรวดเร็ว การผสานทั้งสององค์ประกอบนี้จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรและควบคุมการใช้น้ำ ส่งผลให้เกิดการจัดการที่ตอบสนองต่อความต้องการและลดความสูญเสียของทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (สิทธิโชค พรรค์พิทักษ์ และคนอื่น ๆ, 2564) โดยการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับภูมิปัญญาท้องถิ่น ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริหารจัดการที่สามารถประยุกต์ใช้ในบริบทของชุมชนได้จริง โดยไม่ละเลยคุณค่าทางวัฒนธรรมและวิถีชีวิตที่ถูกสืบทอดมา (ฐิติวัฒน์ ว่องวรรณกุล, 2567)

2.2 การมีส่วนร่วมของเกษตรกรและชุมชนในกระบวนการบริหารจัดการน้ำ อีกหนึ่งประเด็นสำคัญที่ปรากฏจากผลการวิจัยคือความจำเป็นในการมีส่วนร่วมของผู้ใช้น้ำในทุกขั้นตอนของกระบวนการบริหารจัดการน้ำ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การจัดตั้งคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำระดับชุมชนที่มีส่วนร่วมจากทั้งเกษตรกร ผู้นำชุมชน และตัวแทนจากภาคส่วนที่เกี่ยวข้องนั้น ส่งผลให้เกิดความโปร่งใสในการตัดสินใจ ลดความขัดแย้ง และสร้างความร่วมมือในการจัดสรรน้ำให้เป็นธรรมยิ่งขึ้น (ศุจินันทท์ ไตรระเบียบ และคนอื่น ๆ, 2567) นอกจากนี้การมีส่วนร่วมนี้ยังช่วยเพิ่มความรู้ความเข้าใจร่วมกันในประเด็นการใช้และบริหารจัดการน้ำ ซึ่งจะช่วยให้ชุมชนสามารถนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาและพัฒนาระบบใหม่ ๆ ที่ตอบโจทย์ความต้องการได้อย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (พระครูอุทัยสุตกิจ ตฤณ บริบูรณ์, 2567; วรวิทย์ นพแก้ว, 2566) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนช่วยสร้างจิตสำนึกร่วมในการรักษาทรัพยากรน้ำ และกระตุ้นให้เกิดการแบ่งปันทรัพยากรอย่างเท่าเทียม นโยบายและการบริหารที่มีความโปร่งใสตามแนวทางนี้ ไม่เพียงแต่จะลดความขัดแย้งระหว่างผู้ใช้น้ำแต่ยังส่งเสริมการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 6 (การจัดการน้ำและสุขาภิบาล) และเป้าหมายที่ 13 (การรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ)

2.3 การฟื้นฟูระบบเหมืองฝายและการใช้แหล่งน้ำสำรอง ผลการวิจัยในชุมชนบ้านหนองบัวได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการฟื้นฟูระบบเหมืองฝายดั้งเดิม ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดสรรน้ำที่มีการสืบทอดกันมาจากอดีต ระบบนี้แสดงถึงความรู้และประสบการณ์ของชุมชนในการแบ่งปันน้ำอย่างมีสังคมสัมพันธ์ที่เข้มแข็ง เมื่อระบบดังกล่าวได้รับการฟื้นฟูและพัฒนาด้วยการสนับสนุนจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น การติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ

และระบบอัตโนมัติในการควบคุมการไหลของน้ำ จะสามารถรองรับความต้องการใช้น้ำในช่วงฤดูแล้งได้ดียิ่งขึ้น ปัจจัยนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาผลผลิตทางการเกษตรและเสถียรภาพของเศรษฐกิจท้องถิ่น (ดลฤดี จันทร์แก้ว และวิรินดา สุทธิพรม, 2559) นอกจากนี้ การใช้แหล่งน้ำสำรองในระบบบริหารจัดการน้ำถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาที่สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย การจัดทำแผนที่แหล่งน้ำด้วยเทคโนโลยี GIS และการติดตั้งระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถวางแผนและตัดสินใจในการจัดสรรน้ำอย่างแม่นยำและทันท่วงที ส่งผลให้เกิดการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างสมดุลและลดความสูญเสียที่อาจเกิดจากการบริหารจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพ

2.4 การเสริมสร้างวินัยและการเรียนรู้ร่วมกันในชุมชน จากผลการวิจัยพบว่า การส่งเสริมการเรียนรู้และการสร้างวินัยในการใช้น้ำผ่านกิจกรรมอบรมและแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างเกษตรกรและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างความตระหนักรู้ถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน การดำเนินกิจกรรมดังกล่าวไม่เพียงแต่กระตุ้นให้เกิดการแบ่งปันประสบการณ์และวิธีการบริหารจัดการน้ำที่ดีเยี่ยมเท่านั้น แต่ยังช่วยให้สมาชิกในชุมชนเห็นคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่นและสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้น้ำในแต่ละวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (รัตนชาติ ทองดี, 2567) ได้เน้นย้ำว่าการมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันนี้ จะนำไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่โปร่งใส เป็นธรรมและยั่งยืน ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของนโยบายการพัฒนาที่ยั่งยืนในมิติของทรัพยากรธรรมชาติ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยโดยภาพรวมชี้ให้เห็นว่า ชุมชนบ้านหนองบัวยังคงพึ่งพาน้ำฝนในการเกษตรเป็นหลัก ส่งผลให้ผลผลิตผันผวนตามสภาพอากาศ อีกทั้งยังเผชิญกับปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งและน้ำท่วมในฤดูฝน การจัดการน้ำในชุมชนยังขาดความเป็นระบบและการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย นอกจากนั้นได้แนวทางการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรที่เหมาะสมได้ ควรผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีใหม่ โดยมี 3 หลักการสำคัญ ได้แก่ 1) การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในทุกขั้นตอนเพื่อให้การจัดการน้ำมีความโปร่งใสและเป็นธรรม 2) การบูรณาการระบบน้ำฝายดั้งเดิมกับเทคโนโลยีทันสมัย เช่น เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำและระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำและรองรับสภาพอากาศที่แปรปรวน 3) การส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างวินัยการใช้น้ำผ่านการอบรมเพื่อให้เกษตรกรใช้ทรัพยากรน้ำอย่างรู้คุณค่า แนวทางเหล่านี้จะช่วยเสริมสร้างระบบการจัดการน้ำที่มีความมั่นคง ยั่งยืน และตอบโจทย์ความต้องการของชุมชน จากการศึกษาทำให้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์สังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย ซึ่งเป็นโมเดลการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืนในชุมชนบ้านหนองบัว (Sustainable agricultural water management model for Ban Nong Bua community) ดังแผนภาพ 3

ภาพ 3 แสดงองค์ความรู้ใหม่ในการวิจัยการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืนในชุมชนบ้านหนองบัว

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การส่งเสริมกลไกการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบมีส่วนร่วมในระดับชุมชน ควรสนับสนุนให้มีการจัดตั้งคณะกรรมการหรือสภาน้ำในระดับชุมชนที่มีองค์ประกอบจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง อาทิ เกษตรกร ผู้นำชุมชน ผู้แทนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานของรัฐ เพื่อทำหน้าที่กำหนดแนวทางการบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบ มีแผนงานที่ชัดเจน และมีการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ควรจัดให้มีกระบวนการรับฟังความคิดเห็นจากประชาชนในพื้นที่อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โปร่งใส และสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน

2. การบูรณาการองค์ความรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับเทคโนโลยีที่เหมาะสม ผลการวิจัยพบว่าชุมชนมีภูมิปัญญาด้านการจัดการน้ำที่หลากหลาย เช่น การสร้างเหมืองฝายและการขุดลอกลำห้วย ควรนำองค์ความรู้เหล่านี้มาผสมผสานกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีต้นทุนต่ำและเหมาะสมกับบริบทของชุมชน เช่น ระบบวัดระดับน้ำอัตโนมัติหรือการใช้แอปพลิเคชันเพื่อบริหารจัดการรอบการใช้น้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำอย่างประหยัดและยั่งยืน รวมถึงสามารถเฝ้าระวังภัยแล้งหรืออุทกภัยล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิผล

3. การพัฒนาพื้นที่เป็นแหล่งเรียนรู้ต้นแบบด้านการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน ควรผลักดันให้ชุมชนบ้านหนองบัวเป็นพื้นที่ต้นแบบของการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดตั้งศูนย์เรียนรู้ชุมชนหรือศูนย์การเรียนรู้เกษตรกรที่มีการรวบรวมองค์ความรู้ ภูมิปัญญา และนวัตกรรมที่ได้รับการพัฒนาจากโครงการวิจัย เพื่อใช้ในการถ่ายทอดความรู้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่และพื้นที่ใกล้เคียง ทั้งในรูปแบบของการฝึกอบรม การสาธิตการใช้งาน และการศึกษาดูงาน ซึ่งจะช่วยขยายผลการพัฒนาไปยังพื้นที่อื่น ๆ ได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาแบบติดตามผลการตรวจสอบและประสิทธิภาพของระบบการจัดการน้ำที่ได้รับการพัฒนา ทั้งในด้านการใช้ทรัพยากรน้ำและผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรและคุณภาพชีวิตของชุมชน

2. ควรมีการวิจัยร่วมกันระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ เช่น เศรษฐศาสตร์ สังคมวิทยา เทคโนโลยีสารสนเทศและนิเวศวิทยา เพื่อสร้างกรอบการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มีความครอบคลุมและตอบโจทย์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับท้องถิ่น

3. ควรมีการนำโมเดลที่พัฒนาขึ้นในชุมชนบ้านหนองบัวไปประยุกต์ใช้ทดลองและปรับปรุงในพื้นที่ชนบทอื่นที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์และวัฒนธรรมคล้ายกัน เพื่อให้เกิดการขยายผลแบบเป็นรูปธรรม และสามารถใช้งานร่วมกับนโยบายชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้นำชุมชน หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และประชาชนในพื้นที่ ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลและร่วมระดมความคิดเห็น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณวิทยาลัยบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยเฉพาะสำหรับทุนสนับสนุนและสิ่งอำนวยความสะดวกตลอดการดำเนินงาน รวมทั้งขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยจรัส เตชะตันมีนสกุล คณบดีวิทยาลัยบริหารศาสตร์ ที่ส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงค์, กฤษฎีเลิศ สัมพันธารักษ์, และสวิสา พงษ์เพ็ชร. (2567). *การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับเศรษฐกิจ: ตอนที่ 1 สถานการณ์และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*. สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์. https://www.pier.or.th/pierspectives/002/#ref-Nipon2015

ความเสี่ยงภัยแล้งและน้ำท่วม ปี 2567: ผลกระทบต่อภาคเกษตรและอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่อง. (2567). วิจัยกรุงศรี. https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/drought-2024

จิณณวัฒน์ รัตนโยธาสกุล และจักรวาล สุขไมตรี. (2568). การจัดการทรัพยากรน้ำของท้องถิ่นไทย. *วารสารส่งเสริมและพัฒนาวิชาการสมัยใหม่, 3*(2), 17-31. https://so12.tci-thaijo.org/index.php/MADPIADP/article/view/1923

ฐิติวัฒน์ ว่องวรรณกุล. (2567). การบริหารจัดการน้ำของชุมชนเพื่อการเกษตรโดยภูมิปัญญาล้านนา. *Journal of Roi Kaensarn Academi, 9*(8), 383–398. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/270743

ดลฤดี จันทร์แก้ว และวิรินดา สุทธิพรม. (2559). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้องค์ความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเกษตรกรรม เพื่อสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย. *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต, 4*(2), 188–199. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JCDLQ/article/view/129619

เทวิน สมยาเย็น, บุญเลิศ วงค์โพธิ์, วินัย วีระวัฒนานนท์, และธัศษณพัฒน์ ปานพรม. (2566). การสร้างและพัฒนาฝายมีชีวิตด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของภาคประชาสังคม. *วารสารวิทยาลัยนครราชสีมา สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 17*(3), 19–33. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/hsjournalnmc/article/view/268903

นฤพจน์ พุธวัฒนะ. (2561). ภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการศึกษาและเรียนรู้วิทยาศาสตร์. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ (JSTEL), 9*(2), 352-369. https://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/article/view/11093

นิติภา วรพันธ์ตระกูล, ชัชวาลย์ เผ่าเพ็ง, และสายรัก ไชยลังกา. (2565). อิทธิพลของข้อมูลสภาพอากาศและนโยบายต่อการตัดสินใจปลูกพืชทางเลือกและช่องทางการรับรู้ข้อมูลของเกษตรกรในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง จังหวัดอุทัยธานี. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 40*(2), 125- 133. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/article/view/252675

ปกิตน์ สันตินิยม. (2564). การบริหารจัดการน้ำตามหลักธรรมาภิบาล. *วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์, 8*(1), 20–32. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/249610

ปิยนาถ อิ่มดี. (2567). วาทกรรมที่ทำให้เกษตรกรต้องปรับตัวภายใต้ภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน จังหวัดนครปฐม. *วารสาร มจร พุทธปัญญาปริทรรศน์, 9*(6), 128–142. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jmbr/article/view/279376

พระครูอุทัยสุตกิจ ตฤณ บริบูรณ์. (2567). การมีส่วนร่วมในการพัฒนาพื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพ ในระบบนิเวศวิทยาชุมชน. *วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร, 12*(6), 2535–2551. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/journal-peace/article/view/281135

เมธาฤทธิ์ แนมสัย, ธเรศ ปาปะกัง, และฤทัยทิพย์ มะมา. (2566). ความผันแปรของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในประเทศไทย. *การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28* (WRE12-1). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. https://conference.thaince.org/index.php/ncce28/article/view/2629

รัตนชาติ ทองดี. (2567). *ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการสู่ความยั่งยืนในระดับพื้นที่กรณีศึกษา: การบริหารจัดการน้ำขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองฝ้าย อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี* [สารนิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. คลังปัญญาจุฬาฯ. https://doi.org/10.58837/CHULA.IS.2024.71

วรวิทย์ นพแก้ว. (2566). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนในพื้นที่ตำบลห้วยแก้ว อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารภูมินิเวศพัฒนาอย่างยั่งยืน, 4*(2), 40–55. https://so09.tci-thaijo.org/index.php/AJ-SHaDa/article/view/3442

ศุจินันทท์ ไตรระเบียบ, ชนัญชิดา ทิพย์ญาณ, และอมร หวังอัครางกู. (2567). เครือข่ายความร่วมมือในการพัฒนากลุ่มเกษตรกรทำสวนทุ่งคาวัด อำเภอละแม จังหวัดชุมพร ภายใต้แนวคิดการเสริมสร้างพลังอำนาจ. *วารสารสังคมศาสตร์และศาสตร์รวมสมัย, 5*(2), 93–107. https://so09.tci-thaijo.org/index.php/JSMIS/article/view/4813

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ. (2567). *รายงานสถานการณ์น้ำประเทศไทย ปี 2567*. สถาบัน. https://www.thaiwater.net/uploads/contents/current/YearlyReport2024/rain2.html

สิทธิโชค พรรค์พิทักษ์, กาญจนา ดงสงคราม, ศศิธร อ่อนเหลา, กฤตภาส ยุทธอาจ, และอุดมศักดิ์ พิมพ์พาศรี. (2564). การพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิต อ้อยคั้นน้ำ. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 7*(2), 17–30. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/project-journal/article/view/245616

อดิศร ภู่สาระ และสุมาลินี สาดส่าง. (2564). การจัดการทรัพยากรร่วม. *วารสารวิเทศศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 11*(2), 93–114. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jis/article/view/243948

อภิญญา ศรีเงินยวง และรภัสสรณ์ คงธนจารุอนันต์. (2568). ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับตัวของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการรัตนบุศย์, 7*(2), 56–71. https://so07.tci-thaijo.org/index.php/rtnb/article/view/7401

Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.

3

ผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินที่ปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้

วันที่รับ: 22 เมษายน 2568
วันที่แก้ไข: 24 สิงหาคม 2568
วันที่ตอบรับ: 9 กันยายน 2568

กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย[1], พุทธชาติ อิ่มใจ[1], วิรุณ โมนะตระกูล[1], กุลธิดา ภูมิเหล่าแจ้ง[2] และ ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์[1*]
[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
*Corresponding author e-mail: taweesab.ch@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อพืช วางแผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 6 ตำรับการทดลอง ดังนี้ T1) ไม่ใส่ปุ๋ย (ตำรับควบคุม) T2) -T6) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และค่าความเขียวของใบ ทุก ๆ 7 วันหลังย้ายต้นกล้า เมื่อผักกวางตุ้งฮ่องเต้อายุเก็บเกี่ยว 42 วันหลังย้ายต้นกล้า เก็บข้อมูลผลผลิต และคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจากการดูดใช้ไนโตรเจนของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผลการทดลอง พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลทำให้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวก้านใบ และเส้นรอบวงโคนต้นดีที่สุด ทำให้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีน้ำหนักส่วนต้นสดและรากสดมากที่สุด เท่ากับ 105.54 และ 18.60 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่งผลทำให้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีน้ำหนักแห้งส่วนต้นมากที่สุดเช่นเดียวกัน คือ 8.39 กรัมต่อต้น ปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีการปลดปล่อยไนโตรเจนเป็นประโยชน์ต่อพืชสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดโดยมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 714.52 และ 768 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่การศึกษาที่อายุ 42 วัน ดินที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินเท่ากับ 6.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน จากผลการวิจัยในครั้งนี้เกษตรกรสามารถนำไปต่อยอดเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดกับพืชที่มีการเจริญเติบโตยาวนาน เนื่องจากคุณสมบัติของปุ๋ยอัดเม็ดที่ละลายช้าจึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวนาน และลดการใส่ปุ๋ยหลายครั้งต่อฤดูกาลปลูกได้

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด, การปลดปล่อยไนโตรเจน, ผักกวางตุ้งฮ่องเต้

INFLUENCE OF ORGANIC PELLETIZED FERTILIZER ON GROWTH, YIELD, AND SOIL NITROGEN RELEASE FOR *BRASSICA CHINENSIS* VAR. *CHINENSIS*

Received: April 22, 2025
Revised: August 24, 2025
Accepted: September 9, 2025

Kanchalika Ratanacherdchai[1], Puttachat Imjai[1], Wiroon Monatrakul[1], Kulthida Poomlaochaeng[2] and Taweesab Chaiyarak[1]*

[1]Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand
[2]Faculty of Management Science, Rajabhat Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand
*Corresponding author e-mail: taweesab.ch@rmu.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the effectiveness of organic pelletized fertilizer on the growth and yield of *Brassica chinensis* var. *chinensis* (Chinese kale) over varying duration intervals, and to investigate the release of available nitrogen from the fertilizer to the plants. The experiment was designed using a completely randomized design (CRD) with four replications, incorporating six treatments: T1, a control treatment without fertilizer; and T2 to T6, which utilized organic pelletized fertilizer at application rates of 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, and 5,000 kg/rai, respectively. Growth parameters and leaf greenness were recorded at 7-day intervals following transplanting, up to the harvest at 42 days after transplanting. Yield data were collected at harvest, and the amount of plant-available nitrogen was estimated based on the nitrogen uptake by Chinese kale. The experimental results indicated that the application of organic pelletized fertilizer at rates of 2,000 kg/rai significantly enhanced the growth of Chinese kale, as reflected in plant height, leaf width, leaf length, petiole length, and stem base circumference. The 2,000 kg/rai treatment yielded the highest fresh weights of plant stems and roots, recorded at 105.54 and 18.60 grams per plant, respectively. It also produced the highest dry weights of stems at 8.39 grams per plant. The rate of fertilizer application influenced the release of plant-available nitrogen, with the 2,000 kg/rai treatment showing the greatest nitrogen release beneficial to plant growth. This was evidenced by beneficial nitrogen levels of 714.52 and 768 milligrams per kilogram, corresponding with enhanced growth performance. Over the 42-day study period, soils treated with organic pelletized fertilizer demonstrated a nitrogen release rate of 6.36 mg/kg/day. Based on the findings of this study, the use of organic pelletized fertilizer could serve as a practical guideline for farmers selecting fertilizers for crops with extended growth duration. Due to their slow-release characteristics, organic pelletized fertilizer could provide a sustained nutrient supply, which was particularly advantageous for long-duration crops. This gradual nutrient release minimized the need

for repeated fertilizer applications within a single growing season, thereby improving nutrient use efficiency and reducing labor inputs.

Keywords: Organic pelletized fertilizer, Releasing nitrogen, *Brassica chinensis* var. *chinensis*

บทนำ

ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica chinensis* var. *chinensis*) เป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นิยมปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศไทยเนื่องจากมีลักษณะเด่นคือ มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ให้ผลตอบแทนรวดเร็ว และเป็นที่ต้องการของตลาด จังหวัดมหาสารคามเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่สำคัญ มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 2.8 ล้านไร่ ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพในภาคการเกษตร โดยมีการปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในพื้นที่ จำนวน 122 ไร่ และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 176,100 กิโลกรัม (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กลุ่มงานนโยบายและยุทธศาสตร์, 2567) การผลิตผักกวางตุ้งฮ่องเต้ให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีนั้น จำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสม โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ รวมทั้งช่วยส่งเสริมการสร้างคลอโรฟิลล์ ส่งผลทำให้พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการ จะส่งผลให้ได้ปริมาณผลผลิตน้อยและคุณภาพต่ำ (วันเพ็ญ โลหะเจริญ และคนอื่น ๆ, 2557) การศึกษาเกี่ยวกับการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับผักกวางตุ้งฮ่องเต้จึงมีความสำคัญในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชในพื้นที่เกษตรกรรมของจังหวัดมหาสารคาม การใช้มูลสัตว์ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีในท้องถิ่น นำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากจะช่วยลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีแล้ว ยังเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชได้ อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มักพบปัญหาความไม่สะดวกในการใช้ ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีการอัดเม็ดมาช่วยทำให้ปุ๋ยคอกอยู่ในสภาพที่ใช้งานสะดวกยิ่งขึ้น การพัฒนาปุ๋ยคอกในรูปแบบอัดเม็ดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยอินทรีย์โดยผ่านกระบวนการหมักที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ปุ๋ยที่ได้จากการอัดเม็ดมีข้อดีคือมีขนาดเล็กขนย้ายได้สะดวก (ณัฐพล ภูมิสะอาด และคนอื่น ๆ, 2565) เมื่อเทียบกับรูปแบบการใช้งานเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ไม่ได้อัดเม็ดและยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ จึงเป็นแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้มูลสัตว์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในการทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด นอกจากนี้ มีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ที่ผลิตจากของเสียทางการเกษตรร่วมกับมูลจิ้งหรีดที่มีอัตราส่วนต่างกัน ในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า ทำให้ผักกาดหอมกรีนโอ๊คมีการเจริญเติบโต (ความสูงต้น, ความกว้างทรงพุ่ม, จำนวนใบ, ความกว้างใบ, ความยาวใบ และความยาวราก) และผลผลิต (น้ำหนักสด) มีคุณภาพใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี (ธีรภัทร บุญสมวล และคนอื่น ๆ, 2566)

จากการศึกษาของ Kumar et al. (2022) พบว่าปุ๋ยมูลโคอัดเม็ดยังช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ปรับปรุงการระบายอากาศ และเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืชในระยะยาว แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาถึงระยะเวลาในการสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดลงไปในดิน เนื่องจากคุณสมบัติการสลายตัวอย่างช้า ๆ ย่อมจะทำให้เกษตรกรประหยัดแรงงานในการใส่ปุ๋ย อีกทั้งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดยังสามารถช่วยปรับสภาพดินได้ในระยะยาวอีกด้วย ระยะเวลาเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อกระบวนการไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน (N-mineralization) ของวัสดุอินทรีย์ เนื่องจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางชีวเคมีของวัสดุอินทรีย์ เช่น ลิกนิน และอัตราส่วน C/N ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการปลดปล่อยไนโตรเจน ส่งผลให้ระยะเวลาในการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาแตกต่างกัน (Kaleeem Abbasi et al., 2015) ทั้งนี้ วัสดุอินทรีย์ต้องผ่านกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหาร (Mineralization) เพื่อเปลี่ยนไนโตรเจนให้อยู่ในรูปอนินทรีย์ ได้แก่ แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น การวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนต่อพืชโดยวัดจากปริมาณที่พืชดูดใช้ไนโตรเจนอาจทำให้ทราบถึงความเป็นประโยชน์ที่แท้จริงของไนโตรเจน Pavlou et al. (2007) ได้มีการศึกษาผลของ

ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการสะสมของไนเตรตในผักกาดหอมที่มีการปลูกต่อเนื่องกัน 3 ฤดูกาลปลูก พบว่าปริมาณของไนเตรตในใบผักกาดหอมมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไนเตรตในดินและปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์จากปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและผลต่อการเจริญเติบโตของพืชยังมีจำกัด โดยเฉพาะในพืชผักอายุสั้นที่มีความต้องการธาตุอาหารสูงอย่างผักกวางตุ้งฮ่องเต้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้
2. เพื่อศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อพืช

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ศึกษาในสภาพกระถาง ดำเนินการวิจัย ณ โรงเรือนปลูกพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ตั้งอยู่ที่พิกัดละติจูด16°19'62.3"N, ลองจิจูด 103°26'86.3"E ช่วงเดือนธันวาคม 2567 ถึงเดือนมีนาคม 2568 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) โดยกำหนดให้มี 6 ตำรับการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 : ตำรับควบคุม (Control)

ตำรับการทดลองที่ 2 : ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด* อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับการทดลองที่ 3 : ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับการทดลองที่ 4 : ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับการทดลองที่ 5 : ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับการทดลองที่ 6 : ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 5,000 กิโลกรัมต่อไร่

*หมายเหตุ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผลิตจากปุ๋ยหมักจากมูลโคเพียงอย่างเดียว โดยนำมูลโคเนื้อจากฟาร์มเกษตรกรนำมาผ่านกระบวนการหมักปุ๋ยมูลโคร่วมกับเชื้อ พด.1 ของกรมพัฒนาที่ดิน เป็นระยะเวลา 60 วัน ก่อนเข้าสู่กระบวนการตีป่นและปั้นเม็ด โดยเก็บตัวอย่างวัสดุที่นำมาศึกษา มีคุณสมบัติดังแสดงในตาราง 1 และ 2

ตาราง 1 คุณสมบัติของมูลโคที่นำมาศึกษา

วัตถุดิบ	pH	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	อินทรียวัตถุ (%)	อินทรีย์คาร์บอน (%)	C:N ratio	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	โพแทสเซียมทั้งหมด (%)
มูลโค	7.5	1.71	45.15	54.36	29.54	1.84	0.36	0.57

ตาราง 2 คุณสมบัติของดินร่วนที่นำมาศึกษา

วัตถุดิบ	pH	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	อินทรียวัตถุ (%)	อินทรีย์คาร์บอน (%)	C:N ratio	ไนโตรเจนทั้งหมด (มก./กก.)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)
ดินร่วน	5.42	1.25	0.85	1.75	6.76	0.26	11.65	24.66

2. การเตรียมสิ่งทดลอง โดยเตรียมวัสดุปลูกในกระถางพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ดังนี้ นำดินร่วน (ร่อนผ่านตะแกรง) : แกลบดำ : ขุยมะพร้าว ผสมให้เข้ากันในอัตราส่วน 1:1:1 (โดยปริมาตร) จากนั้นชั่งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (ชั่งน้ำหนักตามตำรับการทดลองที่กำหนดไว้) มาใส่ลงในกระถางปลูก ปลูกพืชทดสอบคือผักกวางตุ้งฮ่องเต้ โดยนำต้นกล้าอายุ 15 วัน ย้ายลงปลูกในกระถางที่เตรียมวัสดุปลูกแต่ละตำรับการทดลองไว้

3. การจัดการปุ๋ย การกำจัดวัชพืช และการดูแลรักษา ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพียงครั้งเดียวเมื่อตอนเตรียมดิน เพื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารตลอดการทดลอง การศึกษาครั้งนี้ทดสอบเฉพาะปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี กำจัดวัชพืช โรคและแมลงเมื่อพบ ตามวิธีแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และรดน้ำเช้า-เย็น

4. การบันทึกข้อมูล ศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของต้นพืช โดยเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุก ๆ 7 วัน หลังย้ายต้นกล้า ได้แก่ ความสูงลำต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวก้านใบ เส้นรอบวงโคนต้น และวัดค่าความเขียวของใบ (ค่า SPAD chlorophyll meter reading, SCMR) เมื่อผักกวางตุ้งฮ่องเต้ครบอายุเก็บเกี่ยว 42 วันหลังย้ายต้นกล้า เก็บข้อมูลผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งผลผลิต และคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจากการดูดใช้ไนโตรเจนของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ คาดคะเนปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งอยู่ในรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้โดยพิจารณาจากการดูดใช้ไนโตรเจน (N uptake) ของพืชคำนวณดังสมการที่ (1) (Sharma et al., 2012)

$$\text{N uptake} = \frac{(\%\text{N} \times \text{dry mater})}{100} \qquad (1)$$

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี Least significant difference test (LSD) ด้วยโปรแกรม Statistix 9.0 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ผลของประสิทธิภาพปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้

1.1 ผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ จากผลการทดลองพบว่า การศึกษาความสูงลำต้น ดังภาพ 1(ก) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ที่อายุ 7, 14 และ 21 วันหลังปลูก ความสูงเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในตำรับควบคุมจะมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดในระยะ 7 และ 14 วันหลังปลูก ส่วนที่อายุ 21 วันหลังปลูก พบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ที่อายุ 28, 35 และ 42 วันหลังปลูก พบว่าความสูงเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่อายุ 28 และ 35 วันหลังปลูก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด (T5) ส่วนที่อายุ 42 วันหลังปลูก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด

สำหรับการศึกษาจำนวนใบ ดังภาพ 1(ข) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ที่อายุ 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วันหลังปลูก จำนวนใบเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) มีจำนวนใบ

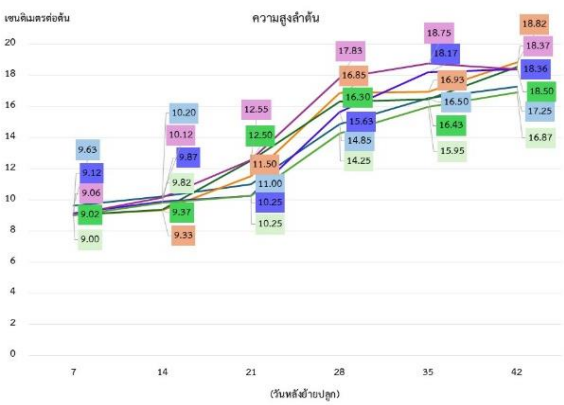
เฉลี่ยมากที่สุดในระยะ 7, 14, 21, 28 และ 35 วันหลังปลูก ส่วนที่อายุ 42 วันหลังปลูก พบว่าตำรับควบคุม (T1) มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด

การศึกษาความกว้างใบ ดังภาพ 1(ค) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ที่อายุ 7 และ 14 วันหลังปลูก ความกว้างใบเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าตำรับควบคุมมีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด ส่วนที่อายุ 21 , 28, 35 และ 42 วันหลังปลูก พบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด ในการทดลองส่วนนี้สามารถสรุปได้ว่าในระยะแรกของการปลูกสัดส่วนของปุ๋ยไม่มีผลต่อความกว้างใบแต่เมื่อผ่านไปในช่วงกลางถึงช่วงสุดท้ายของการทดลองนั้นมีแนวโน้มว่าความเข้มข้นของปุ๋ยมีส่วนทำให้ความกว้างหรือขนาดของใบเพิ่มมากขึ้น

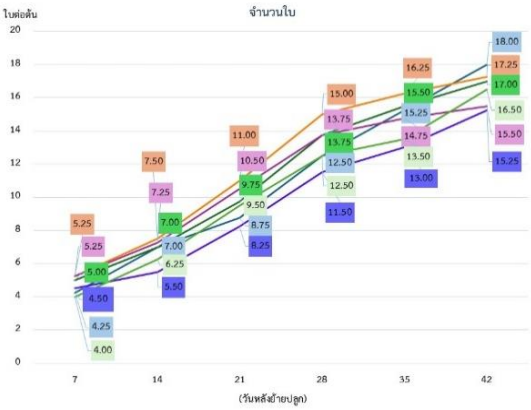
ผลการศึกษาความยาวใบ ดังภาพ 1(ง) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ที่อายุ 7, 14, 28, 35 และ 42 วันหลังปลูก ความยาวใบเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าตำรับควบคุม (T1) มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุดในระยะ 7, 14 และ 28 วันหลังปลูก และที่อายุ 35 วันหลังปลูก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ที่อายุ 21 วันหลังปลูก พบว่าความยาวใบเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุด

ผลการทดลองพบว่า ความยาวก้านใบ ดังภาพ 1(จ) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ที่อายุ 7, 21, 28, 35 และ 42 วันหลังปลูก ความยาวก้านใบเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าตำรับควบคุม (T1) มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุด สามารถกล่าวได้ว่าความเข้มข้นของปุ๋ยไม่มีผลต่อความยาวก้านใบ

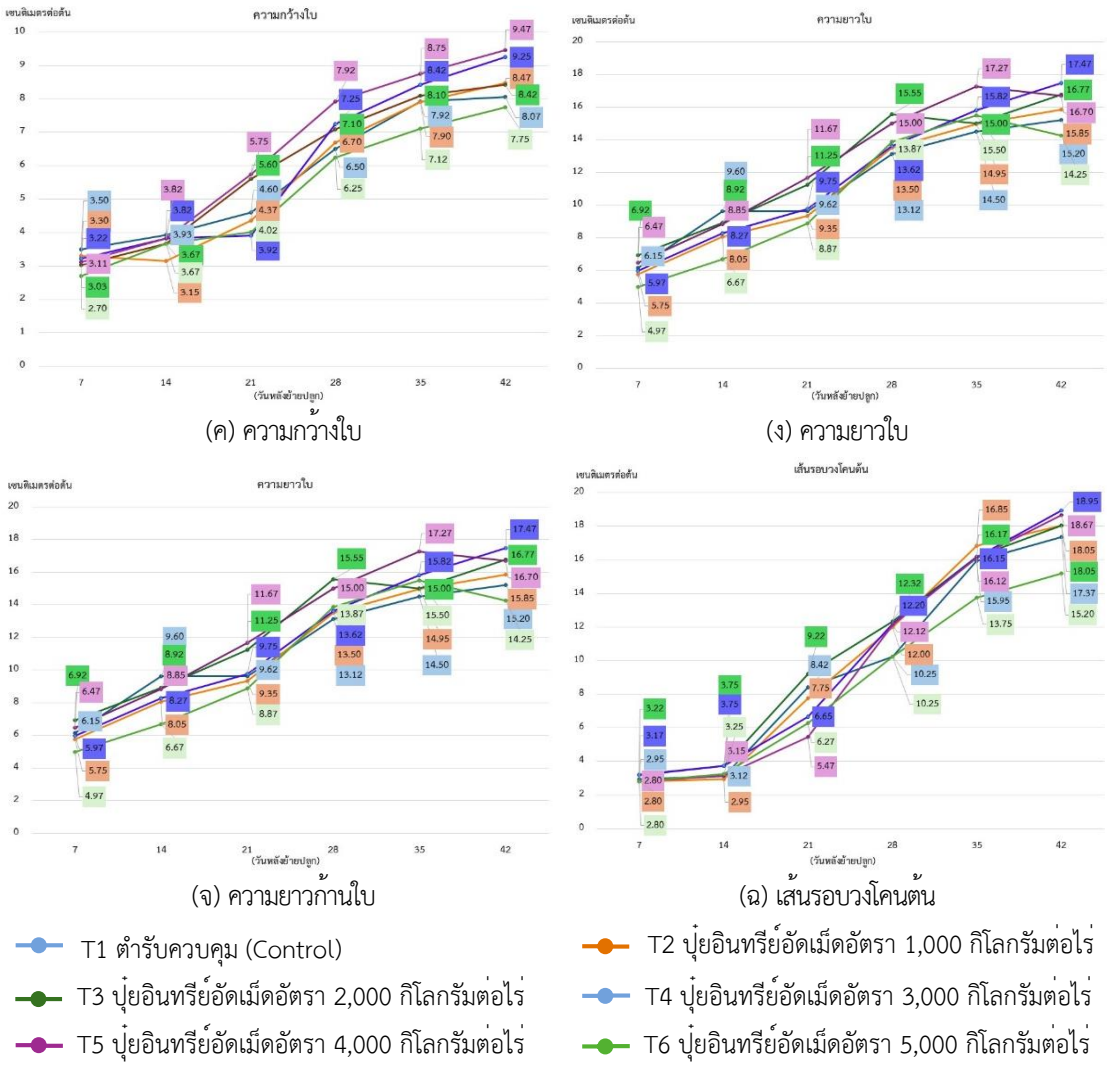
ผลการศึกษาเส้นรอบวงโคนต้น ดังภาพ 1(ฉ) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ที่อายุ 7, 14, 28, 35 และ 42 วันหลังปลูก เส้นรอบวงโคนต้นเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าตำรับควบคุมมีเส้นรอบวงโคนต้นเฉลี่ยมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ที่อายุ 21 วันหลังปลูก พบว่าเส้นรอบวงโคนต้นเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) มีเส้นรอบวงโคนต้นเฉลี่ยมากที่สุด



(ก) ความสูงลำต้น

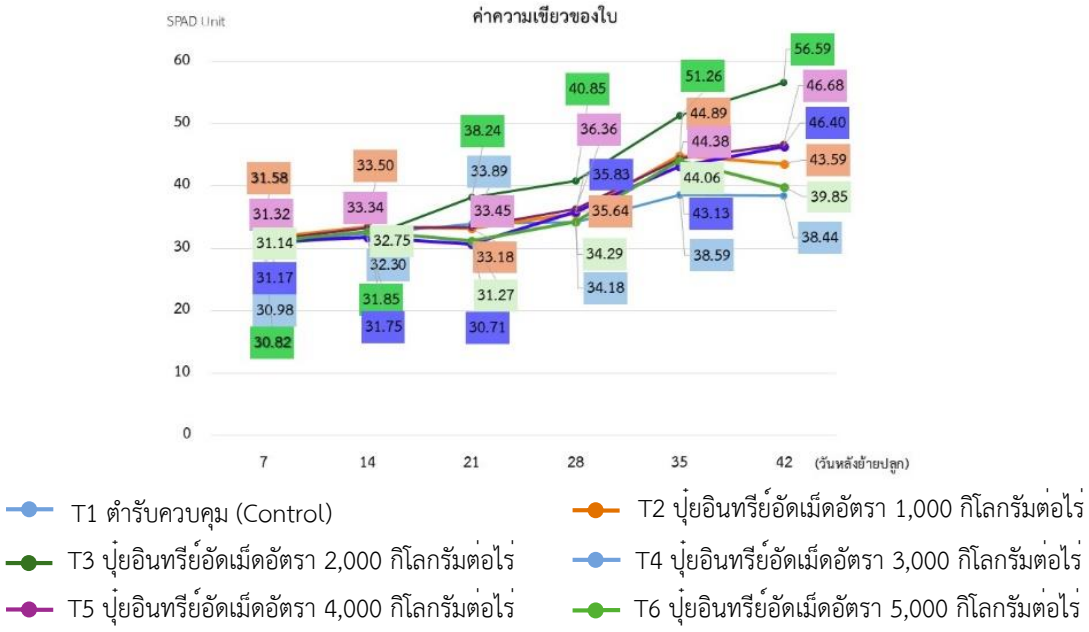


(ข) จำนวนใบ



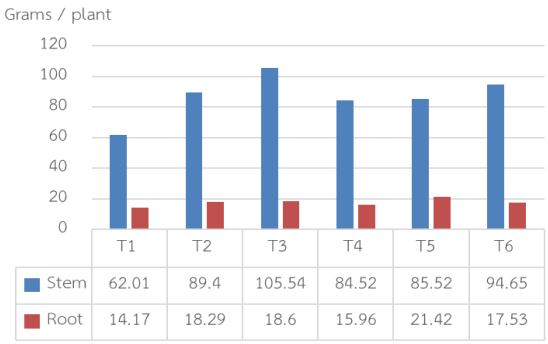
ภาพ 1 ผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน

1.2 ผลต่อค่าความเขียวของใบ (Leaf greenness) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ การศึกษาค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) หรือค่าความเขียวของใบของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ที่อายุ 7 และ 14 วัน หลังปลูก ค่า SCMR เฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ที่อายุ 21, 28, 35 และ 42 วันหลังปลูก พบว่าค่า SCMR เฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด โดยพบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีผลต่อค่าความเขียวของใบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงกลางและปลายของการเจริญเติบโต ในขณะที่ในช่วงต้นของการเจริญเติบโต อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันยังไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบอย่างชัดเจนนัก ดังภาพ 2

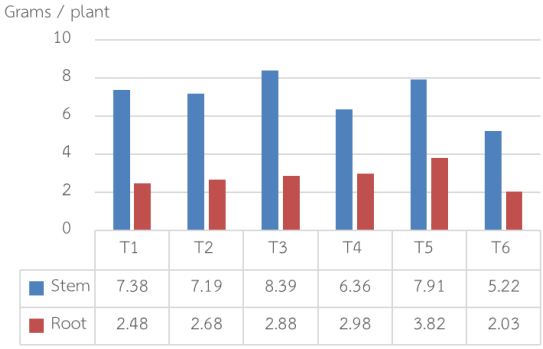


ภาพ 2 ผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อค่าความเขียวของใบ
(ค่า SPAD chlorophyll meter reading, SCMR) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน

1.3 ผลต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การศึกษาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนลำต้นและส่วนรากของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ระยะเก็บเกี่ยว 42 วัน (ภาพ 3) น้ำหนักสดเฉลี่ยของต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) ทำให้น้ำหนักต้นสดเฉลี่ยมากที่สุด (105.54 กรัมต่อต้น) ส่วนน้ำหนักรากสดเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยตำรับควบคุม (T1) มีน้ำหนักรากสดเฉลี่ยมากที่สุด (21.42 กรัมต่อต้น) อย่างไรก็ตาม น้ำหนักต้นแห้งเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด (8.39 กรัมต่อต้น) ในส่วนของน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยมากที่สุด (3.82 กรัมต่อต้น) ดังนั้น จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า น้ำหนักสดเฉลี่ยของลำต้นผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับการบำรุงด้วยปุ๋ยแตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับน้ำหนักสดเฉลี่ยของรากก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยแตกต่างกัน อาจกล่าวได้ว่าในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นของการพัฒนารากและลำต้นเมื่อได้รับสารอาหารหรือปุ๋ยที่ต่างกันอาจส่งผลต่อการเติบโตแต่เมื่อถึงระยะเวลาที่เติบโตเต็มที่ การพัฒนาจะเริ่มลดลงจนทำให้เมื่อครบกำหนดระยะเวลา 42 วัน ทำให้ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างลำต้นและราก (สด) (ภาพ 4) ในแต่ละตำรับการทดลอง



(a) น้ำหนักสดส่วนลำต้นและราก



(b) น้ำหนักแห้งส่วนลำต้นและราก

ภาพ 3 ผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่อายุ 42 วันหลังย้ายกล้า (T1: Control, T2: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่, T3: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่, T4: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่, T5: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ T6: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 5,000 กิโลกรัมต่อไร่)

ภาพ 4 การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ แต่ละตำรับการทดลองที่อายุเก็บเกี่ยว 42 วันหลังย้ายกล้า (T1: Control, T2: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่, T3: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่, T4: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่, T5: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ T6: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 5,000 กิโลกรัมต่อไร่)

2. ผลต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จากตาราง 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดส่งผลให้ดินปลูกแต่ละตำรับการทดลองมีการปลดปล่อยไนโตรเจนต่อพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) ทำให้มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด ดังแสดงในตาราง 3 เมื่อพิจารณาแล้วสามารถสรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่ว่าจะเป็นตำรับการทดลองใด ๆ ก็สามารถการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ และไม่จำเป็นต้องใส่ปริมาณปุ๋ยที่มากเกินความจำเป็นต่อพืช

ตาราง 3 การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่อายุเก็บเกี่ยว 42 วันหลังย้ายกล้า

	ตำรับการทดลอง	การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mg kg^{-1})	อัตราการปลดปล่อย (mg kg-1 day^{-1})
T1	ตำรับควบคุม (Control)	192.01^{c}	0.63^{c}
T2	ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	489.40^{b}	1.94^{bc}
T3	ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่	714.52^{a}	6.36^{a}
T4	ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่	535.54^{b}	3.59^{b}
T5	ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่	585.52^{ab}	3.71^{b}
T6	ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 5,000 กิโลกรัมต่อไร่	494.85^{b}	3.92^{b}
	F-test	*	*
	C.V.(%)	16.67	14.46

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันกำกับด้วยตัวภาษาอังกฤษเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (Least significant difference test)

* คือ มีความทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ระยะเวลาต่างกัน จากผลการศึกษาในส่วนนี้สามารถกล่าวได้ว่าในช่วงแรกปุ๋ยอินทรีย์มีการปลดปล่อยธาตุอาหารช้าจึงยังไม่ส่งผลต่อความสูงลำต้น แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปและพืชเติบโตขึ้นปริมาณปุ๋ยที่แตกต่างกันเริ่มมีผลต่อความสูงซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Elsaggan (2020) และ Molla et al. (2024) ที่ระบุว่าเมื่อพืชเติบโตไปในระยะหนึ่งถึงจะเห็นความแตกต่างของผลลัพธ์จากการปรับเปลี่ยนสูตรของปุ๋ยอย่างชัดเจนในความสูงของพืช ส่วนการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบสามารถกล่าวได้ว่า จำนวนใบของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วนต่าง ๆ นั้นมีจำนวนใบเฉลี่ยของผักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Fonge et al. (2016) ที่กล่าวว่าสัดส่วนของปุ๋ยและความเข้มข้นของปุ๋ยที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณใบพืช อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังระบุว่าการกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับพืชต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ อย่างรอบคอบเพื่อให้ได้ผลผลิตและการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดในขณะเดียวกันก็ต้องมั่นใจว่ามีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอและไม่มากเกินไปสำหรับพืชชนิดนั้น ๆ

สำหรับความกว้างใบเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าตำรับควบคุมมีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด ส่วนที่อายุ 21, 28, 35 และ 42 วันหลังปลูก พบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด ในการทดลองส่วนนี้สามารถสรุปได้ว่าในระยะแรกของการปลูก สัดส่วนของปุ๋ยไม่มีผลต่อความกว้างใบแต่เมื่อผ่านไปในช่วงกลางถึงช่วงสุดท้ายของการทดลองนั้นมีแนวโน้มว่าความเข้มข้นของปุ๋ยมีส่วนทำให้ความกว้างหรือขนาดของใบเพิ่มมากขึ้น โดยมีงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในปุ๋ยเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้พืชมีขนาดใบที่ใหญ่ขึ้น (El-Nakhel et al., 2023; Gelaye et al., 2024; Jung et al., 2025; Nelson, 2015) กลไกที่เป็นไปได้คือ ธาตุอาหารจำเป็นต่อการสร้างเซลล์ใหม่และการขยายตัวของเซลล์ในใบ นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงระยะแรกของการปลูกความเข้มข้นของปุ๋ยไม่มีความสัมพันธ์กับความยาวของใบ สามารถให้เหตุผลได้ว่าในช่วงแรก ระบบรากของพืช

ยังไม่พัฒนาเต็มที่ ทำให้การดูดซึมธาตุอาหารจากภายนอกยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร แม้ว่าความเข้มข้นของปุ๋ยในดินจะสูง แต่พืชก็อาจยังไม่สามารถดูดซึมไปใช้ในการสร้างการเติบโตของใบได้อย่างเต็มที่ (Lambers et al., 2008; Marschner, 2012; Shrestha et al., 2024; Wang et al., 2006) ในขณะที่ความยาวก้านใบพบว่า ความยาวก้านใบเฉลี่ยของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าตำรับควบคุม (T1) มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุด สามารถกล่าวได้ว่าความเข้มข้นของปุ๋ยไม่มีผลต่อความยาวก้านใบ เหตุผลที่อาจเป็นไปได้ที่ความเข้มข้นของปุ๋ยอาจไม่มีผลต่อความยาวก้านใบในบางการศึกษา อาทิ ธาตุอาหารจำเพาะ เนื่องจากปุ๋ยมีธาตุอาหารหลายชนิด บางธาตุอาจมีบทบาทโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของใบและก้านใบมากกว่าธาตุอื่น ๆ หากการศึกษาเน้นไปที่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารที่ไม่ใช่ตัวหลักในการส่งเสริมการยืดตัวของก้านใบอาจไม่พบผลกระทบที่ชัดเจน (Liu et al, 2022) อย่างไรก็ตาม หลักการพื้นฐานของระดับความเพียงพอของธาตุอาหาร (Nutrient sufficiency level) ยังคงใช้ได้ นั่นคือ เมื่อพืชได้รับธาตุอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตสูงสุดแล้ว การเพิ่มปุ๋ยจะไม่ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของขนาดลำต้นอย่างต่อเนื่อง (Marschner, 2012; South, 2019)

ทั้งนี้ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีผลต่อค่าความเขียวของใบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงกลางและปลายของการเจริญเติบโต อาจเนื่องจากธาตุไนโตรเจนที่มีในมูลโคซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการทำงานของพืช และเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของโปรตีนและเอนไซม์ของพืช และเอนไซม์ยังช่วยอำนวยความสะดวกในการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่หลากหลายภายในพืช ไนโตรเจนจึงเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งช่วยให้พืชสามารถดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วยการสังเคราะห์แสง ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช (ศุภชัย อำคา และคนอื่น ๆ, 2557) จึงส่งผลให้ในช่วงต้นของการเจริญเติบโต อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันยังไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบอย่างชัดเจนนัก ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Qiu et al. (2013) ที่พบว่าความเข้มข้นของปุ๋ยที่แตกต่างกันส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความเขียวของใบ ในช่วงปลายของการเจริญเติบโตของผักกาดขาว นอกจากนี้งานวิจัยอื่น ๆ ยังสนับสนุนผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดต่อค่าความเขียวของใบอย่างสอดคล้องกันดังเช่น งานวิจัยของ Gorliczay et al. (2021) ที่รายงานการเพิ่มขึ้นของค่าความเขียวของใบอย่างมีนัยสำคัญจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดจากมูลไก่ ซึ่งบ่งชี้ถึงศักยภาพในการเพิ่มพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสง เช่นเดียวกับ Sharaf-Eldin et al. (2015) ที่พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดที่ใช้สามารถเพิ่มค่าความเขียวของใบในต้นกล้ากะหล่ำปลีจีนเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และ Mthiyane et al. (2024) ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพสามารถเพิ่มค่าความเขียวของใบในข้าวได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยสรุป งานวิจัยเหล่านี้สนับสนุนว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดมีศักยภาพในการส่งเสริมการสร้างคลอโรฟิลล์ในพืช โดยเฉพาะในช่วงพัฒนาการที่พืชมีความต้องการธาตุอาหารมากขึ้น ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นของการพัฒนารากและลำต้นเมื่อได้รับสารอาหารหรือปุ๋ยที่ต่างกันอาจส่งผลต่อการเติบโต แต่เมื่อถึงระยะเวลาที่เติบโตเต็มที่การพัฒนาจะเริ่มลดลงจนทำให้เมื่อครบอายุเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลา 42 วันไม่ทำให้เกิดความแตกต่างกันระหว่างลำต้นและราก (สด) ในแต่ละตำรับการทดลอง ดังการศึกษาของ Sharaf-Eldin et al. (2015) โดยน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยแตกต่างกัน แต่สำหรับน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของราก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีผลสอดคล้องกันกับการศึกษาของ Cardarelli et al. (2023) ที่กล่าวว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้การเติบโตของลำต้นมีความแตกต่างกันแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในน้ำหนักแห้งของราก

2. ผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยผลที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ของวีณา นิลวงศ์ (2561) ที่ระบุว่าการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดเมื่อเทียบกับตัวควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยเลยนั้นพบว่าพืชปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์มากกว่าตัวควบคุมทั้งสิ้น เช่นเดียวกันกับงานของ สัญญา เล่ห์สิงห์ และอรประภา อนุกูลประเสริฐ (2559) ที่มีข้อสรุปในทิศทางดังกล่าว อีกทั้งยังมีการศึกษาที่น่าสนใจของ Niedziński et al. (2021) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยเคมี พบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่ช้ากว่าปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งลักษณะการปลดปล่อยแบบช้านี้อาจเป็นประโยชน์ต่อการดูดใช้ไนโตรเจนของพืชในระยะยาวและลดการสูญเสียไนโตรเจน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามูลโคที่นำมาศึกษามีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับมีร้อยละ 45.15 ในขณะที่ดินร่วนที่นำมาศึกษาเริ่มต้นนั้นมีอินทรียวัตถุเพียงร้อยละ 0.85 อินทรียวัตถุจึงมีบทบาทสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชผ่านกระบวนการสลายตัว ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน เช่น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน องค์ประกอบทางชีวเคมี และชนิดของเศษวัสดุในดิน นอกจากนี้ ระยะเวลาการปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านไปย่อมมีผลต่อการย่อยสลายและส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ จึงเป็นบทบาทสำคัญอย่างหนึ่งในการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสัมพันธ์กับมูลโคที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง แต่ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำ จึงทำให้อัตราส่วน C:N อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการของจุลินทรีย์และมีการปลดปล่อยไนโตรเจนอย่างต่อเนื่อง เมื่อเทียบกับวัสดุอินทรีย์ที่มีอัตราส่วน C:N สูง การปลดปล่อยไนโตรเจนจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งแล้วลดลง

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มความสูง ความกว้างและความยาวของใบ ความยาวก้านใบ และเส้นรอบวงโคนต้น ส่งผลให้มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นและรากสูงที่สุด ในด้านการปลดปล่อยธาตุอาหาร พบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตราดังกล่าวมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับช่วงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ โดยดินที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่าไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สูงกว่าตำรับควบคุม และมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนต่อวันในระดับที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการธาตุอาหารของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงอาจกล่าวได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีคุณสมบัติเป็นแหล่งธาตุอาหารแบบละลายช้า (Slow release) ซึ่งไม่เพียงส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตในพืชผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นอย่างผักกวางตุ้งฮ่องเต้ แต่ยังมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับพืชเศรษฐกิจที่มีระยะการเจริญเติบโตยาวนาน ดังนั้น ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราที่เหมาะสมช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร และยังสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการจัดการธาตุอาหารพืชด้วยปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการผลิตพืชผักและพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารช้ากว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป จึงน่าจะเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งในการนำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมาใช้กับพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวนาน

2. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งในการเพิ่มอินทรียวัตถุคืนให้กับดินและวัสดุปรับปรุงบำรุงดินอื่น ๆ

3. อาจพิจารณาส่งเสริมการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในการนำไปใช้กับการปลูกผักหรือพืชชนิดอื่น ๆ ต่อไป และควรศึกษาข้อมูลทางเศรษฐกิจเพื่อเป็นข้อมูลด้านปัจจัยการผลิต

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ผลการศึกษานี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการวิจัยเชิงทดลองที่ศึกษาในสภาพโรงเรือนทดลอง ควรมีการทดลองในสภาพแปลงทดลองที่มีขนาดใหญ่ เพื่อที่จะสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง สำหรับแนะนำให้เกษตรกรนำไปใช้ในภาพพื้นที่จริงต่อไป

2. ควรมีการปรับเปลี่ยนสภาพแปลงปลูก เปลี่ยนชนิดพืชที่มีอายุเก็บเกี่ยวนานขึ้น และควรมีการเพิ่มเติมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลสัตว์ชนิดอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลอัตราการใช้ปุ๋ยอัดเม็ดมากยิ่งขึ้น

3. ควรมีการศึกษาการเพิ่มเติมจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์หรือสารอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ย และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการใช้ปุ๋ยเคมี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล ภูมิสะอาด, จักรมาส เลาหวณิช, เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา, และพีระยศ แข็งขัน. (2565). *โครงการการจัดการผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยเพื่อการพัฒนาชุมชนเพื่อความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน.* สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.).

ธีรภัทร บุญสมวล, วัชรพงษ์ มหานิล, ทศพร อินเจริญ, สุภาวดี แหยมคง, ประภาศิริ ใจผ่อง, ปุณณดา ทะรังศรี, และจักรกฤช ศรีละออ. (2566). อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากของเสียทางการเกษตรร่วมกับมูลจิ้งหรีดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค. *วารสารแก่นเกษตร, พิเศษ*(1), 475-482. https://agkb.lib.ku.ac.th/agrisservice/search_detail/result/427070

วันเพ็ญ โลหะเจริญ, ศีลวัต พัฒโนดม, ปราณี เกียรติประทับใจ, วีรดา ธงงาม, อิทธิสุนทร นันทกิจ, โสระยา ร่วมรังสี, และจุฑามาส คุ้มชัย. (2557). ผลของการขาดธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบพริกหวาน. *วารสารเกษตร, 30*(1), 39-48. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/245865

วีณา นิลวงศ์. (2561). ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 36*(3), 178-188. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/article/view/159811

ศุภชัย อำคา, เฉลิมขวัญ มุกสิกทอง, และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. (2557). ผลของสัดส่วนความเป็นประโยชน์ของแอมโมเนียมและไนเทรตในปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 ต่ออัตราการเติบโตและสมบัติของดินบางประการในการปลูกคะน้า. *แก่นเกษตร, 42(พิเศษ3),* 899-905. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=V_038.pdf&id=1695&keeptrack=4

สัญญา เล่ห์สิงห์ และอรประภา อนุกูลประเสริฐ. (2559). ประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *24*(2), 320-332. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/50462

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กลุ่มงานนโยบายและยุทธศาสตร์. (2567). *การบูรณาการประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการจัดทำแผนพัฒนาจังหวัดมหาสารคาม*. สำนักงาน. https://www.mahasarakham.go.th/new/files/com_news_stash/2024-07_89c8e3311ae0ce2.pdf

Cardarelli, M., El Chami, A., Iovieno, P., Rouphael, Y., Bonini, P., & Colla, G. (2023). Organic fertilizer sources distinctively modulate productivity, Quality, Mineral composition, and Soil enzyme activity of greenhouse lettuce grown in degraded soil. *Agronomy*, *13*(1), 194. https://doi.org/10.3390/agronomy13010194

El-Nakhel, C., Cristofano, F., Colla, G., Pii, Y., Secomandi, E., De Gregorio, M., Buffagi, V., Garcia-Perez, P., Lucini, L., & Rouphael, Y. (2023). Vegetal-derived biostimulants distinctively command the physiological and metabolomic signatures of lettuce grown in depleted nitrogen conditions. *Scientia Horticulturae, 317*, 112057. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112057

Elsaggan, M. A. (2020). Effect of organic fertilizer rates and sulfur on growth and productivity of broad bean under south sinai conditions. *Egyptian Journal of Desert Research*, *70*(2), 137-151. https://doi.org/10.21608/ejdr.2021.45366.1075

Fonge, B. A., Bechem, E. E., & Awo, E. M. (2016). Fertilizer rate on growth, yield, and nutrient concentration of leafy vegetables. *International Journal of Vegetable Science*, *22*(3), 274-288. https://doi.org/10.1080/19315260.2015.1005726

Gelaye, Y. (2024). A Systematic Review on Effects of Nitrogen Fertilizer Levels on Cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata L.) Production in Ethiopia. *The Scientific World Journal*, 6086730. https://doi.org/10.1155/2024/6086730

Gorliczay, E., Szöllősi, N., Kiss, N. Éva, Tóth, F., Tamás, J., & Nagy, P. T. (2021). Examination of the effect of pelleted poultry manure products on a sunflower test plant in a laboratory model experiment. *Acta Agraria Debreceniensis*, *1*, 83-88. https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/8477

Jung, D. H., Choi, S., & Lee, J. (2025). Changes in the growth, photosynthesis, and nitrogen allocation characteristics of hydroponically grown lettuce under different nitrate levels in a nutrient solution. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *66*, 163-172. https://doi.org/10.1007/s13580-024-00645-z

Kaleeem Abbasi, M., Mahmood Tahir, M., Sabir, N., & Khurshid, M. (2015). Impact of the addition of different plant residues on nitrogen mineralization–immobilization turnover and carbon content of a soil incubated under laboratory conditions. *Solid Earth, 6*, 197–205, https://doi.org/10.5194/se-6-197-2015

Kumar, P., Bhattacharya, A., Prajapati, S. K., Malik, A., & Vijay, V. K. (2022). Anaerobic co-digestion of waste microalgal biomass with cattle dung in a pilot-scale reactor: effect of seasonal variations and long-term stability assessment. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *12*, 1203-1215. https://doi.org/10.1007/s13399-020-00778-y

Lambers, H., Raven, J. A., Shaver, G. R., & Smith, S. E. (2008). *Plant physiological ecology* (2nd ed.). Springer.

Liu, Z., Hao, Z., Sha, Y., Huang, Y., Guo, W., Ke, L., Chen, F., Yuan, L., & Mi, G. (2022). High responsiveness of maize grain yield to nitrogen supply is explained by high ear growth rate and efficient ear nitrogen allocation. *Field Crops Research*, *286*, 108610. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108610

Marschner, H. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic press.

Molla, A., Solomou, A. D., Fountouli, A., Chatzikirou, E., Stamatakis, E., Stamatakis, P., & Skoufogianni, E. (2024). Influence of an organic fertilizer on agronomic characteristics and herbaceous plant diversity in a greek ecosystem: The case of cretan dittany (*Origanum dictamnus* L.). *Nitrogen*, *5*(2), 426-438. https://doi.org/10.3390/nitrogen5020027

Mthiyane, P., Aycan, M., & Mitsui, T. (2024). Integrating biofertilizers with organic fertilizers enhances photosynthetic efficiency and upregulates chlorophyll-related gene expression in rice. *Sustainability*, *16*(21), 9297. https://doi.org/10.3390/su16219297

Nelson, P. V. (2015). *Greenhouse operation and management* (7th ed.). Pearson Education.

Niedziński, T., Sierra, M. J., Łabętowicz, J., Noras, K., Cabrales, C., & Millán, R. (2021). Release of nitrogen from granulate mineral and organic fertilizers and its effect on selected chemical parameters of soil. *Agronomy*, *11*(10), 1981-1994. https://doi.org/10.3390/agronomy11101981

Pavlou, G. C., Ehaliotis, C. D., & Kavvadias, V. A. (2007). Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae, 111*(4), 319-325. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.11.003

Qiu, X., Wang, Y., Hu, G., Wang, Q., Zhang, X., & Dong, Y. (2013). Effect of different fertilization modes on physiological characteristics, yield and quality of Chinese cabbage. *Journal of plant nutrition*, *36*(6), 948-962. https://doi.org/10.1080/01904167.2012.759972

Sharaf-Eldin, M. A., Peregi, K. E., & Pap, Z. (2015). Effects of different organic fertilizers on seedlings growth and photosynthesis of Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. pekinensis). In M. Pospišil (Ed.), *50th Croatian and 10th International Symposium on Agriculture* (pp.286-290). Faculty of Agriculture, University of Zagreb. https://sa.agr.hr/publication/13/50.+hrvatski+i+10.+me%C4%91unarodni+simpozij+agronoma+eZbornik+radova.Full+text

Sharma, N. K., Singh, R. J., & Kumar, K. (2012). Dry matter accumulation and nutrient uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.) under Poplar (Populus deltoides) based agroforestry system. *International Scholarly Research Notices*, 359673. https://doi.org/10.5402/2012/359673

Shrestha, K., Miyazaki, A., Yoshii, D., Sakata, M., & Moritsuka, N. (2024). Effect of localized fertilizer application on deep root development during early growth in upland rice under upland condition. *Plant Production Science*, *27*(3), 240–252. https://doi.org/10.1080/1343943X.2024.2376296

South, D. B. (2019). Potassium fertilization in bareroot nurseries in the southern US: a review. *REFORESTA*, *8*, 25-59. https://doi.org/10.21750/REFOR.8.03.73

Wang, H., Inukai, Y., & Yamauchi, A. (2006). Root development and nutrient uptake. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *25*(3), 279-301. https://doi.org/10.1080/07352680600709917

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

4

คุณภาพและการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร: กรณีศึกษา เขตสุขภาพที่ 4

วันที่รับ: 28 เมษายน 2568
วันที่แก้ไข: 28 สิงหาคม 2568
วันที่ตอบรับ: 3 กันยายน 2568

สุจิตรา ประทุมตรี[1],
มนพร วงศ์สุนทรชัย[1*] และ กาญจนา ช้างแก้ว[1]
[1]คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี
*Corresponding author e-mail: manaporn.w@fph.tu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการจัดการน้ำบริโภคและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริโภคด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 โดยคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงโรงเรียนถิ่นทุรกันดารจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดปทุมธานี และจังหวัดนครนายก ทั้งหมด 35 โรงเรียน ดำเนินการเก็บข้อมูล 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) ข้อมูลปฐมภูมิ โดยสำรวจการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนด้วยแบบสำรวจการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียน และเก็บตัวอย่างน้ำบริโภคในโรงเรียน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามวิธีการมาตรฐาน 2) ข้อมูลทุติยภูมิ โดยรวบรวมผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำย้อนหลัง 5 ปี เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยสถิติ *t*-test และ Logistic regression ผลการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร พบว่าโรงเรียนใช้แหล่งน้ำจากประปาบาดาลร้อยละ 51.4 ประปาส่วนภูมิภาคร้อยละ 40 ประปาผิวดินร้อยละ 2.9 และน้ำถัง 20 ลิตร ร้อยละ 5.7 ปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สะอาดด้วยวิธีการกรอง ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริโภคบ่งชี้ว่าตั้งแต่ พ.ศ. 2561 - 2566 จำนวนโรงเรียนที่คุณภาพน้ำผ่านมาตรฐานด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 54.3 เป็นร้อยละ 77.1 โดยด้านเคมี (โลหะหนักเป็นพิษ) ผ่านมาตรฐานมากที่สุด ร้อยละ 100 รองลงมาคือ ด้านเคมีทั่วไปร้อยละ 95.2 ด้านกายภาพร้อยละ 94.8 ด้านเคมี (โลหะหนัก) ร้อยละ 91 และด้านชีวภาพร้อยละ 73.8 นอกจากนี้ยังพบว่าการที่เครื่องจ่าย/หัวจ่ายน้ำบริโภคมีตะไคร่น้ำและการขาดงบประมาณในการจัดการคุณภาพน้ำ มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำด้านชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .050$) พบโรงเรียนที่ไม่มีงบประมาณในการจัดการน้ำถึงร้อยละ 51.42 (18 โรงเรียน) อีกทั้งยังพบว่าการจัดการน้ำบริโภคมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงหลังเกิดการระบาดของโรคโควิด 19 โดยค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมลดลงจากช่วงก่อนโควิด 19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) ดังนั้น ควรทำความสะอาดหัวจ่ายน้ำอย่างต่อเนื่องและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนงบประมาณให้นักเรียนสามารถเข้าถึงน้ำบริโภคที่มีความปลอดภัย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีสุขภาพที่ดีจากการดื่มน้ำสะอาดและลดการเจ็บป่วยจากโรคที่เกิดจากน้ำและอาหารเป็นสื่อ

คำสำคัญ: การจัดการน้ำบริโภค, เขตสุขภาพที่ 4, โรงเรียนถิ่นทุรกันดาร

QUALITY AND MANAGEMENT OF DRINKING WATER IN RURAL SCHOOLS: A CASE STUDY OF HEALTH REGION 4

Received: April 28, 2025
Revised: August 28, 2025
Accepted: September 3, 2025

Sujitra Prathumtri[1], Manaporn Wongsoonthornchai[1*] and Kanjana Changkaew[1]
[1]Faculty of Public Health, Thammasat University, Pathum Thani, Thailand
*Corresponding author e-mail: manaporn.w@fph.tu.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to investigate the management of drinking water and analyze its physical, chemical, and biological quality from 35 rural schools chosen by purposive selection in Health Region 4, including Ayutthaya, Pathum Thani, and Nakhon Nayok provinces. Primary survey data was collected by a school water management questionnaire and drinking water sample collection for quality analysis following standard methods; secondary data was gathered by compiling the comparative previous five years of water quality analysis results. Variable relationships were analyzed by *t*-test and logistic regression. Drinking water management analysis indicated that rural schools used the groundwater supply (51.4%), Provincial Waterworks Authority plumbing (40%), surface water (2.9%), and 20-liter bottled water (5.7%), mainly filtered. Between 2018 and 2023, the percentage of schools meeting physical, chemical, and biological water quality standards rose from 54.3% to 77.1%. Compliance with toxic heavy metals standards was highest at 100%, followed by general chemical parameters at 95.2%, physical parameters at 94.8%, heavy metals at 91.0%, and biological parameters at 73.8%. A significant association was found between biological water quality and the presence of algae in dispensers/taps and insufficient funding for water quality management ($p < .050$). Eighteen schools (51.42%) lacked a water management budget. After the Coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic began, a significant reduction in total coliform bacteria was observed in drinking water ($p < .001$). These findings suggested that water dispensers should be cleaned regularly and related agencies must fund access to safe drinking water. Such measures would promote students' health through the consumption of clean water and reduce the incidence of illnesses associated with waterborne and foodborne diseases.

Keywords: Clean drinking water, Health, Rural schools

บทนำ

ประชากร 1 ใน 4 ของโลกขาดน้ำดื่มปลอดภัย และประชากรครึ่งหนึ่งของโลกไม่สามารถเข้าถึงสุขาภิบาลที่ดีและมีความปลอดภัยได้ ทางองค์การสหประชาชาติ (UN) จึงได้กำหนดให้น้ำเป็นเป้าหมายที่ 6 ของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable development goals หรือ SDGs) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดให้การจัดหาน้ำสะอาด สุขาภิบาล และสุขอนามัยที่ดี (Water, sanitation and hygiene: WASH) ที่เพียงพอและเหมาะสมเป็นพื้นฐานในการดูแลสุขภาพของประชาชนอย่างยั่งยืน มาตรการ WASH ยังช่วยส่งเสริมการดำรงชีวิต การเข้าโรงเรียนและช่วยสร้างชุมชนที่มีความยืดหยุ่นต่อสภาพภูมิอากาศ (World Health Organization [WHO], 2018) ซึ่งประเด็นเรื่องน้ำดื่มสะอาดเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดด้าน WASH ครอบคลุมด้านความเพียงพอของน้ำสะอาด ความสามารถในการเข้าถึงน้ำสะอาด และคุณภาพน้ำที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ WHO พบว่าตั้งแต่ พ.ศ. 2558 - 2564 อัตราความครอบคลุมของบริการน้ำดื่มขั้นพื้นฐานในโรงเรียนทั่วโลกเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.25 ต่อปี โดยประเทศไทยอยู่ในโซนเอเชียตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ มีความครอบคลุมเพียงร้อยละ 76 เท่านั้น (World Health Organization & United Nations Children's Fund, 2022) นอกจากนี้แล้ว WHO (2025) ได้รายงานสถานการณ์ WASH ว่าประเทศไทยมีจำนวนประชากรที่ได้รับบริการพื้นฐานด้านน้ำดื่มถึงร้อยละ 100 ในขณะที่ไม่พบข้อมูลด้านการเข้าถึงน้ำที่ปลอดภัย อย่างไรก็ตาม กรมอนามัย (2563) ได้ศึกษาสถานการณ์คุณภาพน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร โดยใน พ.ศ. 2563 พบโรงเรียนไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย คิดเป็นร้อยละ 75.75 นอกจากนี้ รชยา กุลดารมย์ และมาศ ไม้ประเสริฐ (2563) พบโรงเรียนประถมศึกษาในเขตลาดกระบัง เขตคลองสามวาและเขตหนองจอก ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 56.67 จากจำนวน 30 โรงเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ ภารดี อาสา และคนอื่น ๆ (2564) ที่พบน้ำบริโภคในโรงเรียนประถมศึกษาภายในจังหวัดชลบุรีไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 75.80 จากจำนวน 33 โรงเรียน ยิ่งไปกว่านั้น พรเพชร ศักดิ์ศิริชัยศิลป์ และชัญญานุช เวียงแก้ว (2565) สำรวจข้อมูล WASH ในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร จำนวน 340 แห่ง จากทั้งหมด 882 แห่ง ใน พ.ศ. 2564 พบว่าคุณภาพน้ำดื่มไม่ผ่านมาตรฐานมากกว่าร้อยละ 76.26 โดยพารามิเตอร์ที่มักจะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือค่าจุลินทรีย์ในน้ำ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นการจัดการน้ำบริโภคที่สะอาดเป็นเป้าหมายสำคัญของการดูแลสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงเรียนที่มีเด็กเล็กซึ่งเป็นกลุ่มเปราะบาง แต่ยังขาดความครอบคลุมในการเข้าถึงน้ำบริโภคที่สะอาดและปลอดภัยในโรงเรียน โดยผลการศึกษาที่ผ่านมาบ่งชี้ว่าน้ำบริโภคในโรงเรียนมักปนเปื้อนจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรคจากน้ำและอาหารเป็นสื่อ ใน พ.ศ. 2563 ประเทศไทยพบอัตราป่วยโรคอุจจาระร่วงและโรคอาหารเป็นพิษ 1,255.9 และ 134.8 ตามลำดับ และพบอัตราตายของโรคอุจจาระร่วง 0.01 ต่อแสนประชากร (กรมควบคุมโรค, 2563) ซึ่งเมื่อแบ่งตามเขตสุขภาพทั้งหมด 13 เขตทั่วประเทศ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 (สัมภาษณ์, 29 สิงหาคม 2566) ให้ข้อมูลว่า เขตสุขภาพที่ 4 ประกอบด้วย 8 จังหวัด ได้แก่ นนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี ลพบุรี สิงห์บุรี อ่างทอง และนครนายก มีจำนวนผู้ป่วยโรคอุจจาระร่วงเป็นอันดับ 6 โดยใน พ.ศ. 2566 ตั้งแต่เดือนมกราคม - มิถุนายน พบผู้ป่วยจำนวน 13,077 ราย ซึ่งเป็นกลุ่มวัยเรียนอายุ 5 - 14 ปี ที่มีจำนวนสูงถึง 5,840 ราย โดยปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคอุจจาระร่วงในสถานศึกษาพบว่า น้ำดื่มหรือน้ำแข็งไม่สะอาด คิดเป็นร้อยละ 17 และขาดการสุขาภิบาลที่ดีคิดเป็นร้อยละ 16 นอกจากนี้แล้วสถานการณ์โควิด 19 นั้นเพิ่มปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากน้ำและต้องการการจัดการน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม กล่าวคือน้ำมีความเสี่ยงในการปนเปื้อนเชื้อโคโรนาไวรัส โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนาหรือประเทศยากจนในทวีปเอเชีย แอฟริกา และอเมริกาใต้ (Tang et al., 2021) ส่งผลให้อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนเทคโนโลยีในการปรับปรุง

คุณภาพน้ำหรือเพิ่มมาตรการเพื่อส่งเสริมให้เกิดน้ำบริโภคที่ปลอดภัยมากขึ้น สำหรับโรงเรียนในเขตทุรกันดารนั้นมีข้อจำกัดหลายด้านเช่น งบประมาณ บุคลากร เป็นต้น ซึ่งอาจส่งผลต่อการดูแลด้านการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียน รวมถึงนักเรียนส่วนใหญ่มีฐานะยากจนทำให้ขาดโอกาสในการเข้าถึงแหล่งน้ำบริโภคอื่น ๆ ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อสำรวจการจัดการน้ำดื่มในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารในเขตสุขภาพที่ 4 และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับคุณภาพน้ำ โดยเปรียบเทียบในช่วงก่อนและหลังการระบาดของโรคโควิด 19 เนื่องจากสถานการณ์ดังกล่าวมีส่วนผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการจัดการน้ำ เพื่อนำไปสู่ข้อเสนอแนะแนวทางปรับปรุงการจัดการน้ำดื่มของโรงเรียนถิ่นทุรกันดารในเขตสุขภาพที่ 4 และนอกจากนี้ยังใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงด้าน WASH ของสถานศึกษาตามแนวทาง WHO ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสำรวจการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4
2. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริโภคด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจแบบระยะยาวต่อเนื่อง (Longitudinal survey designs) แบบย้อนหลัง (Retrospective) โดยเก็บข้อมูลปฐมภูมิในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิย้อนหลังตั้งแต่ พ.ศ. 2561 - 2565 โดยมีวิธีดำเนินการดังนี้

1. ประชากร

การศึกษานี้เป็นการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive selection) คือ โรงเรียนถิ่นทุรกันดารในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 ทั้งหมด 35 แห่ง โดยเก็บตัวอย่างจุดบริการน้ำบริโภคโรงเรียนละ 1 จุด

2. พื้นที่ศึกษา

โรงเรียนถิ่นทุรกันดาร ในเขตสุขภาพที่ 4 จำนวน 3 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดนครนายก 20 โรงเรียน จังหวัดปทุมธานี 14 โรงเรียน และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา 1 โรงเรียน รวมทั้งสิ้น 35 โรงเรียน ดังภาพ 1

ภาพ 1 พื้นที่ศึกษา

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 แบบสำรวจคุณภาพน้ำบริโภคในโรงเรียนในถิ่นทุรกันดารของกรมอนามัย (กรมอนามัย, 2564)

3.2 เก็บตัวอย่างน้ำบริโภคจากโรงเรียนทั้ง 35 แห่ง นำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ประกอบด้วย สีปรากฏ (Apparent color) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความกระด้าง (Hardness) ซัลเฟต (Sulfate) ไนเตรต (Nitrate) ไนไตรท์ (Nitrite) ฟลูออไรด์ (Fluoride) เหล็ก (Iron) แมงกานีส (Manganese) ทองแดง (Copper) และ สังกะสี (Zinc) ทดสอบโดยใช้เครื่อง COLORIMETER (DR/900, Hach Company, USA) ซึ่งใช้หลักการ Spectrophotometry เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ โดยเป็นวิธีที่ Hach พัฒนาตามวิธีมาตรฐาน (Hach, 2025) ส่วนความขุ่น (Turbidity) ทดสอบโดยเครื่อง TURBIDIMETER (2100P, Hach Company, USA) และด้านชีวภาพ ประกอบด้วย โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total coliform bacteria) ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform) และ อีโคไล (*Escherichia coli*) วิเคราะห์โดยวิธี Multiple fermentation tube method อ้างอิงตามมาตรฐานของ American Public Health Association (APHA) (Rice et al., 2017)

4. การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลปฐมภูมิเก็บตัวอย่างน้ำดื่มจากโรงเรียนทั้ง 35 แห่ง ใน พ.ศ. 2566 เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ รวมทั้งสิ้น 17 พารามิเตอร์ และสำรวจการจัดการน้ำดื่มในโรงเรียนโดยใช้แบบสำรวจการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียน ข้อมูลทุติยภูมิ โดยการสืบค้นข้อมูลผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำจากโรงเรียนทั้ง 35 แห่ง ในช่วง พ.ศ. 2561 - 2565 และการจัดการน้ำดื่มในโรงเรียนจากกรมอนามัย

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และร้อยละ นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยสถิติเชิงวิเคราะห์ ได้แก่ *t*-test และ Logistic regression ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้ IBM SPSS 23

6. จริยธรรมการวิจัย

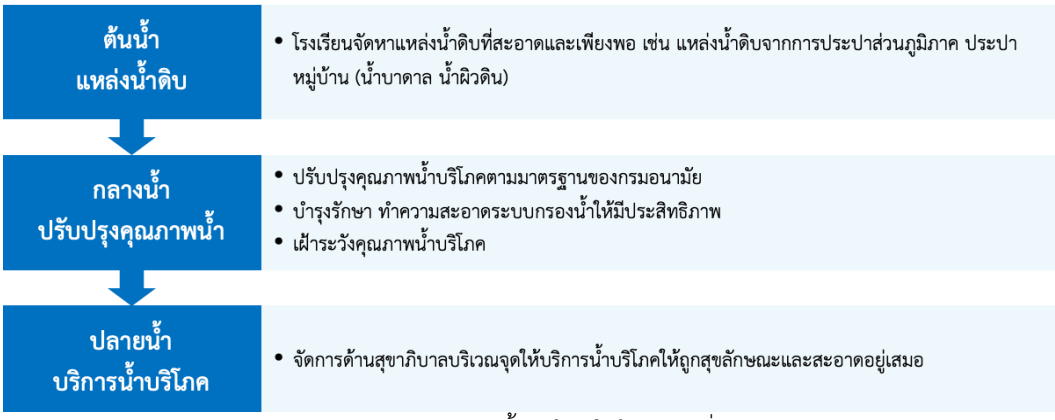
โครงการวิจัยได้รับอนุมัติด้านความปลอดภัยทางชีวภาพจากคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพ คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อนุมัติ ณ วันที่ 28 พฤศจิกายน 2566 หนังสือรับรองเลขที่ 091/2566 โครงการประเภทที่ 2 ระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการระดับที่ 2

ผลการวิจัย

1. การจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร

การจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร มีการแบ่งขอบเขตการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การจัดหาน้ำดิบจนถึงการให้บริการน้ำดื่มที่ปลอดภัยแก่นักเรียน โดยต้นน้ำทางโรงเรียนมุ่งเน้นที่การจัดหาแหล่งน้ำดิบที่สะอาดและมีปริมาณเพียงพอสำหรับนำมาใช้ผลิตเป็นน้ำบริโภค ปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะต่อการบริโภค (กลางน้ำ) ก่อนจะจัดบริการน้ำบริโภคอย่างถูกสุขลักษณะให้กับนักเรียนตามจุดต่าง ๆ ภายในโรงเรียนเพื่อให้มั่นใจว่าคุณภาพน้ำบริโภคนั้นมีความสะอาดปลอดภัยและเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำ (ปลายน้ำ) ดังภาพ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารมีความเปลี่ยนแปลงหลังช่วงสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ซึ่งส่วนใหญ่ใช้มาตรการเดิม แต่มีผลักดันให้มีความเข้มงวดขึ้น ดังนี้ ในส่วนของต้นน้ำ กรมอนามัยซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการควบคุมดูแล

น้ำบริโภคในโรงเรียนได้ผลักดันรูปแบบการดำเนินงานโดยบูรณาการร่วมกับหน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่และการขับเคลื่อนงานร่วมกับภาคีเครือข่ายด้านน้ำในพื้นที่ เช่น การประปา องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นต้น เนื่องจากพบว่าผู้ปฏิบัติงานระบบประปาหมู่บ้านยังขาดความรู้ความเข้าใจในระบบประปา เน้นการจัดหาน้ำให้เพียงพอมากกว่าการคำนึงถึงคุณภาพน้ำ ดังนั้นในช่วงหลังการระบาดของโควิด 19 ผู้วิจัยร่วมกับศูนย์อนามัยได้จัดอบรมพัฒนาศักยภาพให้กับเจ้าหน้าที่ที่ดูแลระบบประปาของหมู่บ้าน และเน้นย้ำการเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรคในน้ำ รวมทั้งบูรณาการร่วมกับหน่วยงานและภาคีเครือข่ายด้านน้ำ ส่วนการจัดการกลางน้ำและปลายน้ำ ในช่วงแรกพบผู้รับผิดชอบในโรงเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจัดการน้ำบริโภค การดูแลความสะอาดและการเปลี่ยนไส้กรอง รวมไปถึงการจัดการด้านสุขาภิบาล ทั้งนี้กรมอนามัยดำเนินการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภคส่งตรวจห้องปฏิบัติการปีละ 1 ครั้ง แต่หลังจากมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ได้มีการสนับสนุนชุดตรวจภาคสนามในการเฝ้าระวังโคลิฟอร์มแบคทีเรียและบูรณาการกับหน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่ในการให้คำปรึกษาแนะนำกับโรงเรียน รวมถึงพัฒนาศักยภาพครูผู้รับผิดชอบในโรงเรียน และเน้นย้ำมาตรการ WASH ในโรงเรียน (กรมอนามัย, 2564)



ภาพ 2 กระบวนการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร

โรงเรียนใช้แหล่งน้ำจากประปาบาดาลร้อยละ 51.4 ประปาส่วนภูมิภาคร้อยละ 40 ประปาผิวดินร้อยละ 2.9 และน้ำถัง 20 ลิตร ร้อยละ 5.7 เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบด้านการจัดการคุณภาพน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร เขตสุขภาพที่ 4 พบว่าช่วงหลังจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 เขตสุขภาพที่ 4 ได้ปรับรูปแบบการดำเนินงานและเกิดการบูรณาการของหน่วยที่เกี่ยวข้องเรื่องน้ำในการปรับปรุงคุณภาพน้ำตั้งแต่ต้นน้ำจนปลายน้ำ และการพัฒนาศักยภาพเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในแต่ละภาคส่วน ทำให้เจ้าหน้าที่มีความรู้ ทักษะในการจัดการคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำของการประปาหรือองค์กรปกครองส่วนถิ่นให้ความสำคัญกับการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ก่อนที่น้ำจะส่งตรงมายังโรงเรียนเพื่อปรับปรุงเป็นน้ำบริโภคด้วยวิธีการกรอง ซึ่งทางโรงเรียนต้องติดตั้งเครื่องกรองน้ำและดูแลทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ พร้อมกับเฝ้าระวังคุณภาพน้ำด้วยชุดทดสอบอย่างง่ายเป็นประจำทุกเดือน ทั้งนี้โรงเรียนมีการจัดการ WASH นอกจากดำเนินการจัดหาน้ำบริโภคที่สะอาดและเพียงพอให้กับนักเรียนตลอดทั้งวันแล้ว ยังส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพบุคลากรในโรงเรียนทำให้เกิดความเข้าใจการจัดการด้านสุขาภิบาลและสุขอนามัยเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรค และสื่อสารให้กับนักเรียนเพื่อการปฏิบัติตนที่ถูกสุขลักษณะ อย่างไรก็ตามโรงเรียนยังคงมีข้อจำกัดด้านงบประมาณที่ไม่เพียงพอหรือต้องขอสนับสนุนจากหน่วยงานภายนอก โดยเฉพาะงบประมาณในการดูแลทำความสะอาดหรือเปลี่ยนไส้กรองเครื่องกรองน้ำ (กรมอนามัย, 2564) ดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลกระทบด้านการจัดการคุณภาพน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร

	ก่อนการระบาดของโควิด 19	ระหว่างเกิดโควิด 19	หลังการระบาดของโควิด 19
ต้นน้ำ	• ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านยังขาดความรู้ความเข้าใจในการดูแลระบบ	• บูรณาการร่วมกับหน่วยงานและภาคีเครือข่ายด้านน้ำในพื้นที่ในการดูแลระบบ • พัฒนาศักยภาพเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ	• เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบประปามีความรู้ความเข้าใจในการดูแลระบบประปา • กรณีต้องการข้อมูลประสานไปยังกรมทรัพยากรน้ำได้
กลางน้ำ	• ไม่มีงบประมาณในการจัดการ • ครูผู้ดูแลขาดความรู้ความเข้าใจเรื่องการเปลี่ยนไส้กรอง บำรุงรักษาระบบเครื่องกรองน้ำและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภคปีละ 1 ครั้ง จากกรมอนามัย	• บูรณาการร่วมกับหน่วยงานและภาคีเครือข่ายด้านน้ำในพื้นที่เข้าใจในการดูแลระบบ • พัฒนาศักยภาพครูผู้รับผิดชอบเรื่องการจัดการน้ำในโรงเรียน	• ดูแลและปรับปรุงระบบเครื่องกรองน้ำให้มีประสิทธิภาพต่อคุณภาพน้ำบริโภค เช่น เปลี่ยนไส้กรองตามระยะเวลา • เพิ่มความถี่ในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรียทุกเดือน
ปลายน้ำ	• สภาพบริเวณจุดให้บริการน้ำบริโภคยังไม่ถูกสุขลักษณะ	• ศูนย์อนามัยสนับสนุนชุดทดสอบอย่างง่ายสำหรับเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในทุกเดือน	• ดูแลและปรับปรุงสภาพบริเวณจุดให้บริการน้ำบริโภคให้ถูกสุขลักษณะ

2. คุณภาพน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร เขตสุขภาพที่ 4

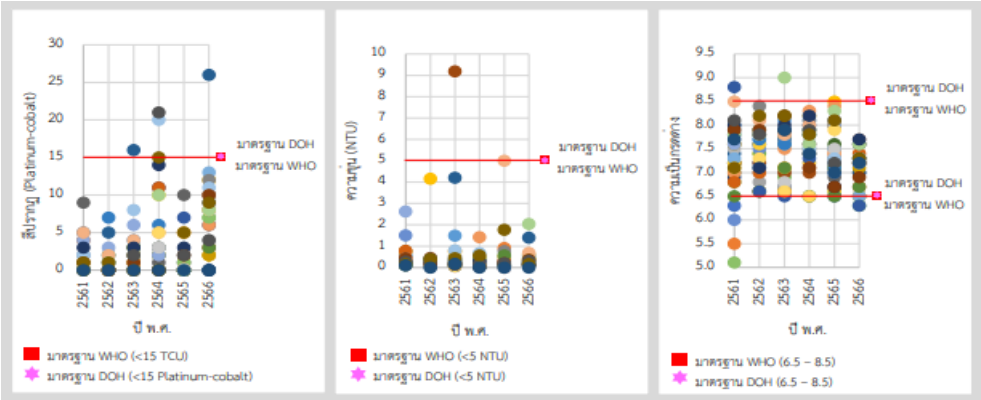
คุณภาพน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารตั้งแต่ พ.ศ. 2561 - 2566 พบว่าส่วนใหญ่มีค่าคุณภาพน้ำเป็นไปตามประกาศกรมอนามัย เรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553 หรือ พ.ศ. 2563 โดยเฉพาะด้านเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 81.2 - 100 แต่ด้านชีวภาพมีอัตราการผ่านมาตรฐานต่ำที่สุด เพียงร้อยละ 57.1 - 88.6 โดยพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าเกินมาตรฐาน ทั้งนี้คุณภาพน้ำในช่วงก่อนและหลังเกิดการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำทุกด้าน พบว่าช่วงก่อนโควิด 19 คุณภาพน้ำบริโภคผ่านมาตรฐานน้อยกว่าช่วงหลังโควิด 19 ที่มีการปรับรูปแบบการดำเนินงานและเกิดการบูรณาการร่วมกันของหน่วยงานในพื้นที่ โดยใน พ.ศ. 2563 คุณภาพน้ำบริโภคผ่านมาตรฐานเพียงร้อยละ 42.9 แต่ช่วงหลังโควิด 19 (พ.ศ. 2564 - 2566) พบว่าสถานการณ์คุณภาพน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารผ่านมาตรฐานเพิ่มขึ้นเป็น 51.4 และผ่านมาตรฐานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องร้อยละ 80.0 และ 77.1 แม้ว่าคุณภาพน้ำผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานเพิ่มขึ้น แต่ยังพบการปนเปื้อนของเชื้อ *E.coli* ซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยเครื่องกรองมาแล้ว ขณะเดียวกันบางพารามิเตอร์ด้านกายภาพและเคมีทั่วไปกลับพบการปนเปื้อนสูงขึ้นหลังการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ดังตาราง 2 และภาพ 3 – 6

ตาราง 2 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างที่ผ่านมาตฐาน ตั้งแต่ 2561 – 2566

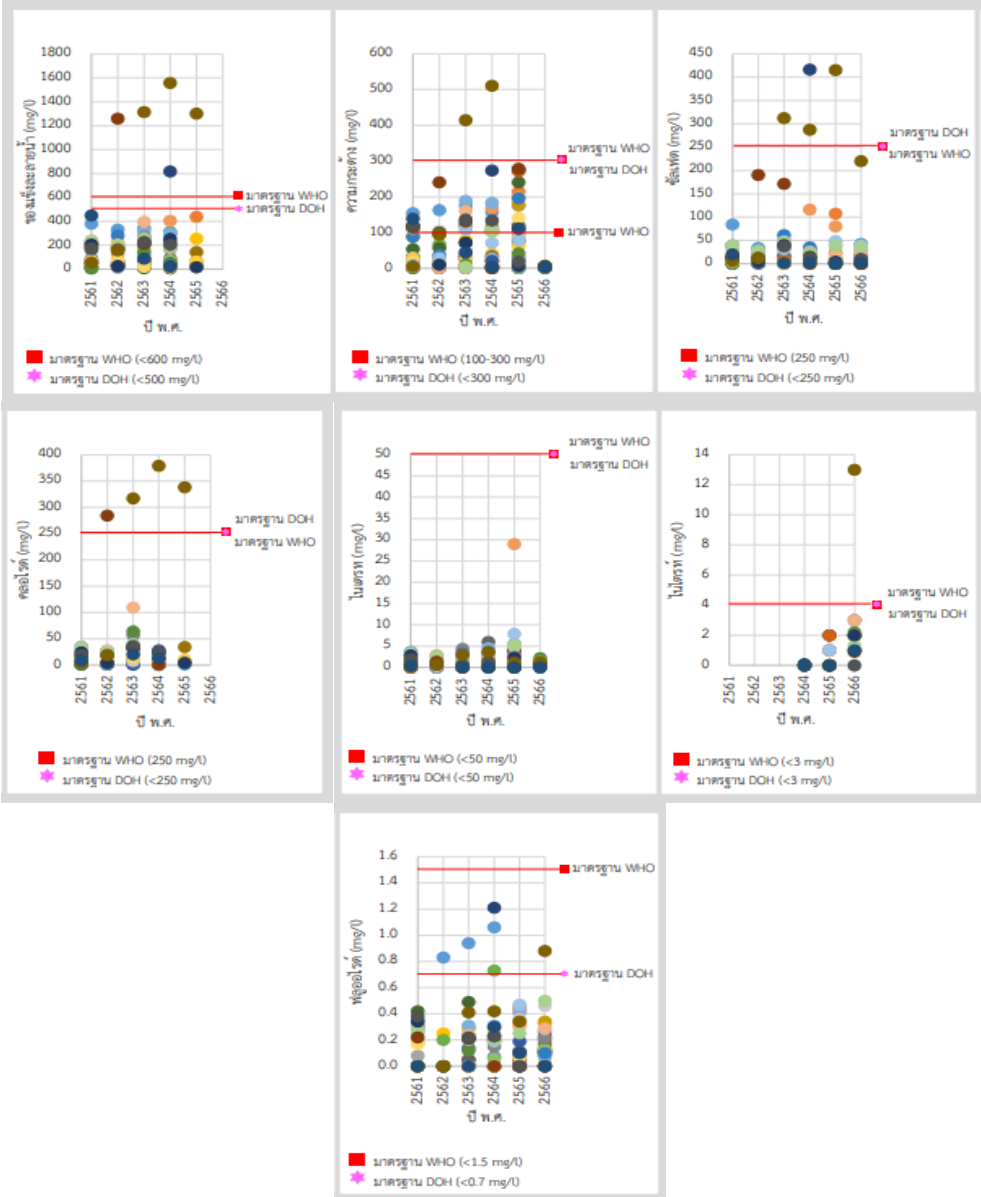
	N = 35	ด้านกายภาพ	ด้านเคมีทั่วไป	ด้านเคมี (โลหะหนัก*)	ด้านเคมี (โลหะหนักเป็นพิษ**)	ด้านชีวภาพ	ผ่านทุกด้าน
2561	ผ่าน (ร้อยละ)	31 (88.6)	35 (100)	31 (88.6)	35 (100)	25 (71.4)	19 (54.3)
2562	ผ่าน (ร้อยละ)	35 (100)	33 (94.3)	33 (94.3)	35 (100)	27 (77.1)	24 (68.6)
2563	ผ่าน (ร้อยละ)	33 (94.3)	33 (94.3)	29 (82.9)	35 (100)	20 (57.1)	15 (42.9)
2564	ผ่าน (ร้อยละ)	33 (94.3)	31 (88.6)	33 (94.3)	35 (100)	24 (68.6)	18 (51.4)
2565	ผ่าน (ร้อยละ)	35 (100)	34 (97.1)	32 (91.4)	35 (100)	31 (88.6)	28 (80.0)
2566	ผ่าน (ร้อยละ)	32 (91.4)	34 (97.1)	33 (94.3)	35 (100)	28 (80.0)	27 (77.1)

หมายเหตุ: *โลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี

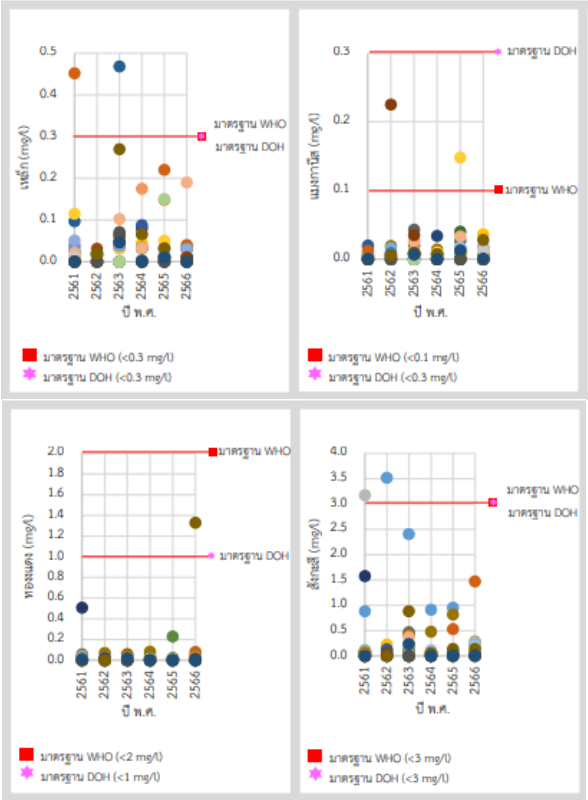
**โลหะหนักเป็นพิษ ได้แก่ ตะกั่ว โครเมียมรวม แคดเมียม สารหนู และปรอท



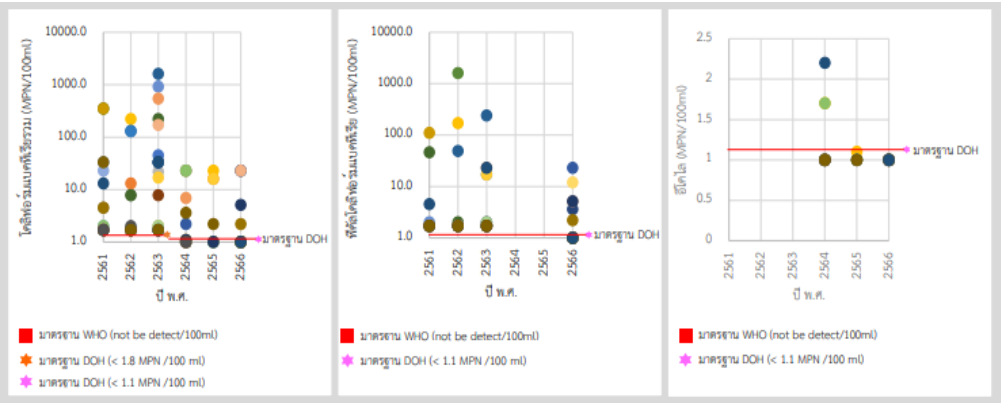
ภาพ 3 คุณภาพน้ำทางกายภาพของน้ำดื่มในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 – 2566



ภาพ 4 คุณภาพน้ำทางเคมี (ทั่วไป) ของน้ำดื่มในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 – 2566



ภาพ 5 คุณภาพน้ำทางเคมี (โลหะหนัก) ของน้ำดื่มในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 – 2566



ภาพ 6 คุณภาพน้ำทางชีวภาพ ของน้ำดื่มในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 – 2566

3. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและการจัดการน้ำในโรงเรียน

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลวิเคราะห์การปนเปื้อนในน้ำบริโภคของแต่ละพารามิเตอร์ ช่วงก่อนการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 (พ.ศ. 2561-2563) และช่วงหลังการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 (พ.ศ. 2564 - 2566) พบว่า สีปรากฏ ไนเตรท และฟลูออไรด์ มีความแตกต่างของค่าการปนเปื้อนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยสีปรากฏมีค่าการปนเปื้อนเฉลี่ยในช่วงก่อนการแพร่ระบาด 1.25 (1.849) ต่ำกว่าช่วงหลังการแพร่ระบาด 4.12 (2.902) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = -6.365$; $p < .001$) เช่นเดียวกับไนเตรทมีค่าการปนเปื้อนเฉลี่ยในช่วงก่อนการแพร่ระบาด 0.87 (0.900) ต่ำกว่าช่วงหลังการแพร่ระบาด 1.68 (1.668) ซึ่งมีความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = -2.660; p = .012) และฟลูออไรด์มีค่าการปนเปื้อนเฉลี่ยในช่วงก่อนการแพร่ระบาด 0.11 (0.136) ต่ำกว่าช่วงหลังการแพร่ระบาด 0.16 (0.138) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = -2.169; p = .037) ในขณะที่โคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมมีค่าการปนเปื้อนเฉลี่ยในช่วงก่อนการแพร่ระบาด 2.87 (0.282) สูงกว่าช่วงหลังการแพร่ระบาด 2.29 (0.309) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = 10.064; p < .001) ดังตาราง 3

ตาราง 3 การเปรียบเทียบค่าคุณภาพน้ำในช่วงก่อนและหลังเกิดการระบาดของโควิด 19 (พ.ศ.2561 - 2566)

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)		Paired *t*-test		
	ก่อน	หลัง	*t*	*p* < .05	95% CI
สีปรากฏ	1.25 (1.849)	4.12 (2.902)	-6.365	< .001	-3.787, -1.954
ความขุ่น	0.45 (0.608)	0.32 (0.338)	1.146	.260	-0.101, 0.363
ความเป็นกรดด่าง	7.42 (0.479)	7.33 (0.354)	1.133	.265	-0.072, 0.253
ของแข็งละลายน้ำ	151.39 (129.779)	184.73 (264.778)	-0.786	.437	-119.484, 52.808
ความกระด้าง	53.14 (47.760)	58.95 (41.387)	-0.685	.498	-23.056, 11.436
ซัลเฟต	20.11 (28.329)	25.31 (55.551)	-0.636	.529	-21.840, 11.431
คลอไรด์	19.04 (27.164)	20.24 (59.515)	-0.150	.882	-17.506, 15.106
ไนเตรท	0.87 (0.900)	1.68 (1.668)	-2.660	.012	-1.431, -0.191
ไนไตรท์	-	0.80 (0.710)	-	-	-
ฟลูออไรด์	0.11 (0.136)	0.16 (0.138)	-2.169	.037	-0.109, -0.004
เหล็ก	0.02 (0.041)	0.02 (0.023)	0.666	.510	-0.010, 0.019
แมงกานีส	0.01 (0.015)	0.01 (0.009)	-0.136	.892	-0.007, 0.006
ทองแดง	0.01 (0.031)	0.02 (0.075)	-0.757	.454	-0.039, 0.018
สังกะสี	0.16 (0.417)	0.09 (0.161)	1.327	.193	-0.042, 0.199
โคลิฟอร์มแบคทีเรียรวม	2.87 (0.282)	2.29 (0.309)	10.064	< .001	0.464, 0.698
ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	23.55 (90.929)	2.29 (4.162)	1.377	.177	-10.111, 52.642
อีโคไล	-	1.03 (0.115)	-	-	-

ใน พ.ศ. 2566 พบการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนที่ยังไม่เหมาะสม เช่น การตั้งเครื่องกรองน้ำใกล้กับทางระบายน้ำเสียและขยะน้อยกว่า 30 เมตร ตั้งอยู่นอกอาคารที่มีแสงแดดส่องถึง เครื่องจ่ายน้ำไม่มีฝาปิดป้องกันสัตว์ ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นเฉอะแฉะ มีน้ำขัง เครื่องจ่ายน้ำเป็นสนิม และเครื่องจ่ายน้ำมีตะไคร่น้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ในเรื่องของการทำความสะอาด พบว่าโรงเรียนส่วนใหญ่ทำความสะอาดหัวจ่ายน้ำน้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน ล้างย้อนเครื่องกรองเดือนละ 1 ครั้ง เปลี่ยนไส้กรองทุก 6 เดือน และไม่มีงบประมาณในการจัดการคุณภาพน้ำ โดยงบประมาณที่ใช้ในการดูแลทำความสะอาดเครื่องกรองและเปลี่ยนไส้กรองได้มาจากเงินบริจาคและสนับสนุน

จากประชาชนหรือหน่วยงานภายนอก เช่น มูลนิธิ เทศบาล/องค์กรบริหารส่วนตำบล เมื่อนำปัจจัยข้างต้นมาทดสอบทางสถิติ เพื่อหาความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบริโภคพบว่า เครื่องจ่าย/หัวจ่ายน้ำบริโภคมีตะไคร่น้ำมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำด้านชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .026; 95% CI: 0.020-0.782) การขาดแคลนงบประมาณมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำด้านชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .042; 95% CI: 0.011-0.915) ทั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำบริโภคด้านชีวภาพกับการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนด้านการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการบริการน้ำบริโภคเท่านั้น เนื่องจากการจัดการแหล่งน้ำดิบในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ไม่มีแหล่งน้ำทางเลือก งบประมาณ เป็นต้น โดยผลการวิเคราะห์เป็นดังตาราง 4

ตาราง 4 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำบริโภคด้านชีวภาพกับการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียน (ด้านการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการบริการน้ำบริโภค)

ประเด็นที่สำรวจ	ผลการสำรวจ		ความสัมพันธ์ปัจจัยกับคุณภาพน้ำด้านชีวภาพ		
	ใช่ จำนวน (ร้อยละ)	ไม่ใช่ จำนวน (ร้อยละ)	Exp(B)	p < .05	95% CI
การจัดการ ด้านการปรับปรุงคุณภาพน้ำ					
ความถี่การทำความสะอาดเครื่องกรอง (การล้างย้อน)					
- สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	2 (5.71)	33 (94.29)	516951949.7	.999	0
- เดือนละ 1 ครั้ง	9 (25.71)	26 (74.29)	1.050	.958	(0.171-6.462)
- เทอมละ 1 ครั้ง	5 (14.29)	30 (85.71)	2.450	.438	(0.254-23.601)
- 3 เดือน/ครั้ง	2 (5.71)	33 (94.29)	0.269	.374	(0.015-4.867)
- 6 เดือน/ครั้ง	4 (11.43)	31 (88.57)	561094293.2	.999	0
- ปีละ 1 ครั้ง	5 (14.29)	30 (85.71)	1.217	.870	(0.116-12.752)
- ไม่เคยล้าง	0	0	0	.999	0
ความถี่การเปลี่ยนไส้กรองเครื่องกรอง					
- 3 เดือน/ครั้ง	6 (17.14)	29 (82.86)	0.522	.522	(0.0076-3.561)
- 6 เดือน/ครั้ง	8 (22.86)	27 (77.14)	2.450	.438	(0.254-23.601)
- ปีละ 1 ครั้ง	5 (14.29)	30 (85.71)	2.947	.347	(0.310-28.027)
- เทอมละ 1 ครั้ง	7 (20)	28 (80)	2.000	.552	(0.204-19.618)
- ไม่มีการเปลี่ยนไส้กรอง	1 (2.86)	34 (97.14)	0.240	.194	(0.028-2.067)
งบประมาณในการจัดการคุณภาพน้ำ					
- มี เพียงพอ	12 (34.29)		4.812	.168	(0.517-44.822)
- มี ไม่เพียงพอ	5 (14.29)		587445397.4	.999	0
- ไม่มี	18 (51.42)		0.098	.042	(0.011-0.915)
การจัดการ ด้านการบริการน้ำบริโภค: สภาพของบริเวณจุดให้บริการน้ำบริโภค					
- ตั้งอยู่ห่างจากทางระบายน้ำ หรือขยะ < 30 เมตร	1 (2.86)	34 (97.14)	0	1.000	0
- ตั้งอยู่ในที่แสงแดดส่อง	17 (48.57)	18 (51.43)	1.795	.479	(0.356-9.054)
- ตั้งอยู่บริเวณหน้าอาคาร	5 (14.29)	30 (85.71)	0.375	.337	(0.051-2.772)

ประเด็นที่สำรวจ	ผลการสำรวจ		ความสัมพันธ์ปัจจัยกับคุณภาพน้ำด้านชีวภาพ		
	ใช่ จำนวน (ร้อยละ)	ไม่ใช่ จำนวน (ร้อยละ)	Exp(B)	$p < .05$	95% CI
- เครื่องจ่ายน้ำบริโภคไม่มีฝาปิดป้องกันสัตว์	6 (17.14)	29 (82.86)	1.591	.694	(0.158-16.017)
- พื้นเฉอะแฉะ มีน้ำขัง เลอะเทอะ	7 (20)	28 (80)	0.682	.688	(0.105-4.432)
- ก๊อกน้ำสูงจากพื้น <60 เซนติเมตร	0	35 (100)	3.375	.003	-
- ก๊อกน้ำรั่วซึม	0	35 (100)	3.375	.003	-
- เครื่องจ่าย/หัวจ่ายน้ำบริโภคเป็นสนิม	1 (2.86)	34 (97.14)	0	1.000	0
- เครื่องจ่าย/หัวจ่ายน้ำบริโภคมีตะไคร่น้ำ	7 (20)	28 (80)	0.125	.026	(0.020-0.782)
- เครื่องจ่าย/หัวจ่ายน้ำบริโภคมีคราบสกปรก/ฝุ่น	7 (20)	28 (80)	2.000	.552	(0.204-19.618)
- ทำความสะอาดเครื่องจ่ายน้ำบริโภค < 1 ครั้ง/เดือน	28 (80)	7 (20)	3.450	.173	(0.581-20.503)
- พบสัตว์พาหะนำโรค	0	0	3.375	.003	-

อภิปรายผลการวิจัย

ระหว่าง พ.ศ. 2561–2566 คุณภาพน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร เขตสุขภาพที่ 4 มีแนวโน้มผ่านมาตรฐานเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 54.3 เป็น 77.1 โดยโรงเรียนทั้ง 35 แห่งมีการใช้ระบบกรองน้ำ เช่น Reverse osmosis (RO) Ultrafiltration (UF) และ Reverse osmosis (RO) ร่วมกับ UV ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ WHO (2020) ในช่วงการระบาดของโควิด 19 ที่เน้นการใช้น้ำต้ม เครื่องกรองประสิทธิภาพสูง และรังสียูวีเพื่อความปลอดภัยของน้ำบริโภค รัฐบาลไทยได้กำหนดนโยบาย WASH และแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี ซึ่งกำหนดเรื่องการจัดหาน้ำดื่มให้ได้มาตรฐานเป็นกลยุทธ์เพื่อสนับสนุนเป้าหมาย SDG 6 โดยกรมอนามัยได้บูรณาการกับหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพน้ำในโรงเรียน ส่งผลให้ค่าจุลินทรีย์ในน้ำลดลงหลังการระบาดของโรค ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของเสถียร ฉันทะ และคนอื่น ๆ (2567) ที่ชี้ว่าการพัฒนาอย่างยั่งยืนต้องอาศัยการดำเนินงานในระดับพื้นที่และการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน นอกจากนี้ ข้อมูลจากกรมอนามัย (2564) ยังพบว่าโรงเรียนถิ่นทุรกันดารมีการดำเนินการด้านน้ำสะอาดในระดับพื้นฐานตามเกณฑ์มาตรฐานสากล JMP (2021) ครบถ้วนร้อยละ 100 เทียบเท่าผลการศึกษาในประเทศบราซิล พบว่าประเด็นน้ำดื่มผ่านมาตรฐานสูงถึงร้อยละ 95 (Poague et al., 2023) แม้มีความก้าวหน้า แต่ประเด็นด้านคุณภาพน้ำยังคงเป็นความท้าทายที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างต่อเนื่อง

แม้ว่าคุณภาพน้ำโรงเรียนในถิ่นทุรกันดาร เขตสุขภาพที่ 4 มีแนวโน้มผ่านมาตรฐานเพิ่มขึ้น แต่ยังพบว่าค่าฟลูออไรด์ยังคงสูงกว่าค่ามาตรฐานของกรมอนามัย (<0.7 mg/L) และ WHO (<1.5 mg/L) เนื่องจากในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 เป็นพื้นที่ที่มีค่าฟลูออไรด์ตามธรรมชาติสูง โดยพบค่าฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลสูงสุด >4 mg/L ที่จังหวัดสระบุรี พบ 3.5 mg/L ที่จังหวัดนครนายก และพบ 3 mg/L ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (กรมอนามัย, 2565) นอกจากนี้สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพระนครศรีอยุธยา (2561) รายงานพบปริมาณฟลูออไรด์สูงสุดในน้ำที่ผ่านเครื่องกรอง 0.99 mg/L ซึ่งสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานของกรมอนามัย ดังนั้นผู้รับผิดชอบน้ำบริโภคในพื้นที่จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับปริมาณฟลูออไรด์ที่สูงเกินมาตรฐาน ซึ่งจะส่งผลกระทบสุขภาพต่อนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาฟันตกกระ สำหรับ

เทคโนโลยีการบำบัดน้ำในโรงเรียนที่ใช้อยู่ปัจจุบันนั้นสามารถกำจัดฟลูออไรด์ได้ แต่จำเป็นต้องดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มีประสิทธิภาพดี นอกจากนี้แล้วค่าความกระด้าง ซัลเฟต คลอไรด์ ไนไตรท์ ที่สูงเกินกว่ามาตรฐานซึ่งบ่งชี้คุณภาพน้ำยังไม่เหมาะสมกับการบริโภคและเป็นเรื่องที่ต้องเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องเช่นกัน

โคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นพารามิเตอร์ที่มักเป็นปัญหา โดยพบค่าเกินมาตรฐานในหลายตัวอย่างตลอดช่วงทุกปี แม้จะผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว แต่ยังคงพบการปนเปื้อนของเชื้อ *E.coli* เช่นเดียวกับน้ำบริโภคของโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน รวมถึงตู้กดน้ำของโรงเรียนในพื้นที่ตำบลบางทราย และวิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดชลบุรีโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมเกินค่ามาตรฐานของกรมอนามัย ซึ่งอาจเกิดจากการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพ การไม่ทำความสะอาดไส้กรองน้ำ มีตะไคร่น้ำเกาะที่หัวจ่ายน้ำ คราบสกปรกของท่อจ่ายน้ำ และสภาพจุดบริการน้ำดื่มไม่สะอาด (ชัญญานุช เวียงแก้ว และคนอื่น ๆ, 2564; ศิริกัญญา ธานีพูน และคนอื่น ๆ, 2567) นอกจากนี้แล้ว Poague et al. (2022) อธิบายว่าถึงแม้โรงเรียนจะมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ ก็ไม่ได้รับประกันว่าคุณภาพน้ำจะปลอดภัยจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และสารเคมีได้ ซึ่ง Desye (2021) อธิบายเพิ่มเติมว่าปัญหาคุณภาพน้ำเกิดขึ้นในโรงเรียนกลุ่มประเทศรายได้ปานกลางถึงต่ำ เนื่องจากขาดงบประมาณในการจัดการโครงสร้างพื้นฐานน้ำและการจัดการ WASH ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ ที่บ่งชี้ว่าการขาดงบประมาณในการจัดการกับคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านชีวภาพมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .042) และโรงเรียนมากกว่าร้อยละ 51.42 ที่ขาดงบประมาณในการจัดการน้ำ นอกจากนี้แล้ว Chilaule et al. (2024) ยังพบว่า WASH เป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันการปนเปื้อนข้าม ซึ่งพบว่าในช่วงเกิดภัยพิบัตินั้นหากประชาชนมีการจัดการ WASH ที่ดี ก็จะทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคจากน้ำเป็นสื่อ ดังนั้นโรงเรียนควรระวังเรื่องการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในน้ำรวมถึงเฝ้าระวังการปนเปื้อนข้าม และควรส่งเสริมด้าน WASH ในโรงเรียนเพื่อลดความเสี่ยงในการรับสัมผัสเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยในส่วนของการจัดการน้ำบริโภคพบว่ากรมอนามัยได้ปรับเพิ่มแนวทางการดำเนินงานด้านการจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารหลังจากเกิดการระบาดของโรคโควิด 19 โดยเน้นการบูรณาการกับหน่วยงานอื่นเช่น กรมทรัพยากรน้ำ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รวมถึงพัฒนาศักยภาพของบุคลากรในการจัดการน้ำบริโภคแก่นักเรียน อย่างไรก็ตามพบจัดการน้ำบริโภคในโรงเรียนที่ยังไม่เหมาะสม เช่น การตั้งเครื่องกรองน้ำใกล้กับทางระบายน้ำเสียและขยะน้อยกว่า 30 เมตร การตั้งเครื่องกรองน้ำนอกอาคารที่มีแสงแดดส่องถึง และการมีตะไคร่น้ำในเครื่องจ่ายน้ำ เป็นต้น สำหรับข้อมูลคุณภาพน้ำพบว่าในช่วงหลังเกิดโควิด 19 น้ำดื่มมีคุณภาพดีขึ้นแต่ยังพบเกินค่ามาตรฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านแบคทีเรีย เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าเครื่องจ่าย/หัวจ่ายน้ำบริโภคมีตะไคร่น้ำและการขาดแคลนงบประมาณมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำด้านชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้แล้วยังพบค่าฟลูออไรด์ ซัลเฟต ความกระด้าง คลอไรด์ และไนไตรท์ ที่สูงเกินค่ามาตรฐาน ดังนั้นในส่วนต้นน้ำโรงเรียนควรพิจารณาแหล่งน้ำดิบใหม่หรือหากไม่สามารถดำเนินการได้ ให้ดำเนินการในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เช่น การทำความสะอาดเครื่องกรอง/เปลี่ยนไส้กรองอย่างสม่ำเสมอ และเน้นการจัดการบริการน้ำบริโภค เช่น ตั้งเครื่องจ่ายน้ำให้ห่างจากทางระบายน้ำ ตั้งในร่มป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำ เป็นต้น และกรมอนามัยควรส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้ความเข้าใจ จะช่วยให้การจัดการคุณภาพน้ำบริโภคตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำเป็นไปอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพในระยะยาว

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. กรมอนามัยเฝ้าระวังการปนเปื้อนด้านคุณภาพน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านชีวภาพ และด้านเคมีอื่น ๆ เช่น ฟลูออไรด์ ซัลเฟต ความกระด้าง เป็นต้น ในโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร
2. ผู้บริหารและบุคลากรผู้ดูแลระบบกรองน้ำในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ เพื่อส่งเสริมการจัดการคุณภาพน้ำ สุขอนามัยส่วนบุคคลภายในโรงเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการรับสัมผัสน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนของสารในน้ำดื่ม
2. ศึกษาข้อมูลด้านสุขาภิบาล และสุขอนามัยเพิ่มเติมเพื่อทราบสถานการณ์ด้าน WASH ของโรงเรียน และใช้เป็นแนวทางในการป้องกันโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ
3. ศึกษาอัตราความครอบคลุมด้านการเข้าถึงน้ำดื่มที่ปลอดภัยของโรงเรียนในระดับประเทศ/เขตสุขภาพ/จังหวัด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2567 ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 สระบุรี ที่ได้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเชื้อก่อโรค ขอขอบคุณผู้อำนวยการและคุณครูโรงเรียนถิ่นทุรกันดาร ทั้ง 35 โรงเรียน ที่อนุญาตให้เข้าพื้นที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างและสำรวจเก็บข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อม ศูนย์อนามัยที่ 4 สระบุรี ที่ได้อนุเคราะห์ช่วยเหลือในการประสานพื้นที่ในการลงเก็บตัวอย่างน้ำบริโภค ตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมโรค. (2563). *กรมควบคุมโรค แนะประชาชนช่วงวันหยุดเข้าพรรษานี้ ยึดหลัก “สุก ร้อน สะอาด” ป้องกันโรคติดต่อทางอาหารและน้ำ.* กรม. https://shorturl.asia/2o6RF

กรมอนามัย. (2563). *สรุปสถานการณ์คุณภาพน้ำอุปโภค - บริโภคของโรงเรียนในถิ่นทุรกันดาร (กพด.) ปีงบประมาณ 2563.* กรม. https://foodsan.anamai.moph.go.th/th/royal-projects-4/download?id=109810&mid=38437&mkey=m_document&lang=th&did=32804

_____. (2564). *สรุปการประชุมถอดบทเรียนการดำเนินงานพัฒนาคุณภาพน้ำบริโภค ประจำปีงบประมาณ 2564.* กรม. https://foodsan.anamai.moph.go.th/th/royal-projects-4/download?id=99089&mid=37685&mkey=m_document&lang=th&did=30376

_____. (2565). *พื้นที่ข้อมูลฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำบาดาล.* กรม. https://lookerstudio.google.com/reporting/862539a0-5f5d-4ad6-87de-0d3e445db6c2/page/U3FsD

ชัญญานุช เวียงแก้ว, พรเพชร ศักดิ์ศิริชัยศิลป์, และเอมอร ขันมี. (2564). *การศึกษาการจัดการคุณภาพน้ำบริโภคของโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน.* https://cordpcenter.anamai.moph.go.th/download-file/258

พรเพชร ศักดิ์ศิริชัยศิลป์ และชัญญานุช เวียงแก้ว. (2565). การศึกษาการจัดการน้ำ สุขาภิบาล และสุขอนามัยของโรงเรียนในถิ่นทุรกันดาร. *การประชุมวิชาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่15. ก้าวผ่านโควิด ส่งเสริมการใช้ชีวิตสุขภาพดี* (น.190). กรมอนามัย.

ภารดี อาสา, รจฤดี โชติกาวินทร์, โกวิท สุวรรณหงส์, และมนัสนันท์ พิบาลวงค์. (2564). สถานการณ์คุณภาพน้ำดื่มในโรงเรียนประถมศึกษา จังหวัดชลบุรี. *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 21*(4), 222-232.

รชยา กุลดารมย์ และมาศ ไม้ประเสริฐ. (2563). คุณภาพน้ำดื่มในโรงเรียนประถมศึกษาในเขตลาดกระบัง คลองสามวา และเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร. *วารสารสุทธิปริทัศน์, 34*(111), 126-134. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/DPUSuthiparithatJournal/article/view/247203

ศิริกัญญา ธานีพูน, สรรพวัต ทองใบ, ศิริวรรณ วัฒนภักดี, ธารินี ลีละทีป, ขวัญฤทัย โสมสัย, ต่อศักดิ์ ดาบโสมศ, และเหลืองแก้ว โกยทรัพย์. (2567). คุณภาพน้ำดื่มทางกายภาพและจุลินทรีย์จากตู้กดน้ำดื่มของโรงเรียนในพื้นที่ตำบลบางทราย และวิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดชลบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น, 46*(1), 13-19. https://doi.org/10.14456/kcsj.2024.3

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. (2561). *ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำ จังหวัดอยุธยา ปี พ.ศ. 2561*. สำนักงาน.

เสถียร ฉันทะ, สำราญ เชื้อเมืองพาน, อรุณี อินเทพ, และจันทร์จิรา ขันเสริฐ. (2567). สถานะการพัฒนาที่ยั่งยืนเป้าหมายที่ 6: การจัดการน้ำและสุขาภิบาลของประเทศไทย พ.ศ.2559-2565. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, 19*(2), 13-27. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/uruj/article/view/255743

Chilaule, S. M., Macuacua, X. V., Mabica, A. P., Miranda, N. A., Pereira, H. d. S., Gudo, E. S., Marrufo, T., García-López, S., & Lopes, M. (2024). Natural disasters' impact on water quality and public health: A case study of the cyclonic season (2019–2023). *Pollutants*, *4*(2), 212-230. https://doi.org/10.3390/pollutants4020014

Desye, B. (2021). COVID-19 Pandemic and water, sanitation, and hygiene: Impacts, challenges, and mitigation mitigation strategies. *Environmental Health Insights*, *15*. https://doi.org/10.1177/11786302211029447

Hach. (2025). *DR900 Multiparameter portable colorimeter*. https://ca.hach.com/dr900-multiparameter-portable-colorimeter/product-downloads?id=15684103253

JMP. (2021). *JMP Methodology for wash in schools*. https://washdata.org/reports/jmp-2021-methodology-wash-in-schools

Poague, K. I. H. M., Blanford, J. I., & Anthonj, C. (2022). Water, sanitation and hygiene in schools in low- and middle-income countries: A systematic review and implications for the COVID-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(5), 3124. https://doi.org/10.3390/ijerph19053124

Poague, K. I. H. M., Blanford, J. I., Martínez, J. A., & Anthonj, C. (2023). Water, sanitation and hygiene (WASH) in schools in Brazil pre-and peri-COVID-19 pandemic: Are schools making any progress?. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *247*, 114069. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.114069

Rice, E. W., Baird, R. B, & Eaton, A. D. (Eds.). (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

Tang, C.-S., Paleologos, E. K., Vitone, C., Du, Y.-D., Li, J.-S., Jiang, N.-J., Deng, Y.-F., Chu, J., Shen, Z., Koda, E., Andrea, D., Fei, X., Vaverková, M. D., Osiński, P., Chen, X., Asadi, A., Takeuchi, M. R. H., Bo, M. W., Abuel-Naga, H., ... Singh, D. N. (2021). Environmental geotechnics: Challenges and opportunities in the post-Covid-19 wold. *Environmental Geotechnics*, *8*(3), 172-192. https://doi.org/10.1680/jenge.20.00054

World Health Organization. (2018). *WHO water, sanitation and hygiene strategy 2018–2025* (WHO/CED/PHE/WSH/18.03). WHO. https://iris.who.int/handle/10665/274273

_____. (2020). *Water, sanitation, hygiene, and waste management for SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19: Interim guidance* (WHO/2019-nCoV/IPC_WASH/2020.4). WHO. https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-IPC-WASH-2020.4

_____. (2025). Water services: basic and safely managed drinking water services. WHO. https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/population-using-at-least-basic-drinking-water-services-(-)

World Health Organization & United Nations Children's Fund. (2022). *Progress on drinking-water, sanitation and hygiene in schools: 2000-2021 data update*. WHO/UNICEF. https://apps.who.int/iris/handle/10665/360841

ผลของระดับความหนาของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสอินทรีย์ที่ปลูกแบบแปลงยกพื้นในพื้นที่เกษตรกร

วันที่รับ: 24 มีนาคม 2568
วันที่แก้ไข: 14 กรกฎาคม 2568
วันที่ตอบรับ: 16 กรกฎาคม 2568

พัฒนา สมนิยาม[1] และ วิมลฉัตร สมนิยาม[1*]
[1]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์
*Corresponding author e-mail: vimolchat.som@uru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับความหนาของวัสดุปลูกบนแปลงแบบยกพื้นต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสที่ปลูกในพื้นที่ของเกษตรกร โดยใช้วัสดุปลูกอินทรีย์ที่มีส่วนผสมของดินร่วน มูลหมู และกากตะกอนอ้อย อัตราส่วน 1:2:3 โดยปริมาตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี คือ ระดับความหนาของวัสดุปลูก 3 ระดับ ได้แก่ 20, 25 และ 30 เซนติเมตร โดยมีบล็อกคือพื้นที่ของเกษตรกรจำนวน 4 ราย บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต ด้านความสูง ลักษณะใบ ความเขียวใบ ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักผลผลิตสดและแห้ง นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT) ผลการศึกษาพบว่า เมื่อผักมีอายุ 35 วัน ความหนาของวัสดุปลูกที่ระดับ 20 เซนติเมตร มีผลทำให้ผักสลัดกรีนคอสมีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด แตกต่างจากความหนาระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความหนาระดับอื่น ๆ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสทางสถิติ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ปลูกของเกษตรกรแต่ละรายมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสที่แตกต่างกัน จากผลการศึกษาผู้วิจัยแนะนำให้ผู้ผลิตผักอินทรีย์ด้วยเทคนิคนี้ใช้วัสดุปลูกบนแปลงปลูกที่ระดับความหนา 20 เซนติเมตร จะให้ผลิตที่ดี มีคุณภาพ ประหยัดต้นทุนและส่งผลต่ออายุการใช้งานของโครงสร้างแปลงแบบยกพื้นให้ยาวนานขึ้นด้วย

คำสำคัญ: วัสดุปลูก, แปลงแบบยกพื้น, ผักสลัดกรีนคอส, ผักอินทรีย์

EFFECTS OF GROWING MEDIA THICKNESS ON THE GROWTH OF ORGANIC GREEN COS CULTIVATED IN RAISED BEDS ON FARMERS' FIELDS

Received: March 24, 2025
Revised: July 14, 2025
Accepted: July 16, 2025

Pattana Somniyam[1] and Vimolchat Somniyam[1*]
[1]Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand
*Corresponding author e-mail: vimolchat.som@uru.ac.th

Abstract

The objectives of this study was to examine the effects of growing media thickness on the growth of organic green cos lettuce in raised beds. The experiment utilized a planting media composed of loamy soil, pig manure, and filter cake in a volumetric ratio of 1:2:3. A randomized complete block design (RCBD) was implemented, incorporating three treatments: growing media thicknesses of 20 cm, 25 cm, and 30 cm. The experimental blocks were established across four different farmer's fields. Growth and yield parameters recorded included plant height, leaf characteristics, leaf greenness, canopy width, and fresh and dry weights of yield. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test (DMRT). The findings revealed that at 35 days after planting, lettuce grown in 20 cm thick substrate exhibited the largest canopy width, significantly different from other treatments. However, no statistically significant effect was observed for other growth parameters across substrate thickness levels. Furthermore, variations in plant growth across farmer's fields were found to be statistically significant. Based on these results, the study strongly recommended that farmers using raised bed cultivation adopt a growing medium thickness of 20 cm., as it not only could promote optimal yield and canopy development, but could also reduce production costs and enhances the structural durability of raised bed frameworks.

Keywords: Growing media, Raised bed system, Green cos lettuce, Organic vegetables

บทนำ

การใช้สารเคมีทางการเกษตรมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี หากพิจารณาปริมาณการใช้ต่อพื้นที่ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในสิบของโลก (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2564) กรณีดังกล่าวส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกและผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรด้วยซึ่งจะเห็นได้จากการสำรวจพบว่าการปนเปื้อนของสารเคมีเกินค่ามาตรฐาน โดยเฉพาะในผักผลไม้ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและห้างสรรพสินค้า (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2563) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงอาจร้ายแรงจนเป็นเหตุให้เสียชีวิตได้ (วันปิติ ธรรมศรี, 2564) จึงเป็นที่มาของการผลักดันการผลิตอาหารแบบอินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่การผลิตแบบอินทรีย์ มีระบบการรับรองมาตรฐานที่ค่อนข้างยุ่งยากสำหรับเกษตรกร จึงมีการรับรองแบบมีส่วนร่วมหรือพีจีเอส Participatory guarantee systems (PGS) โดยแนวคิดเกษตรกรผู้ผลิตและผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนมีการตรวจสอบและรับรองกันเอง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560) เกษตรกรในจังหวัดอุตรดิตถ์ มีการรวมตัวแบบพีจีเอสเพื่อขับเคลื่อนชุมชนเศรษฐกิจสุขภาพ ด้วยแนวคิดที่ว่า ผู้ใหญ่ที่มีความรู้และประสบการณ์ ควรเป็นผู้รับผิดชอบต่อสุขภาพของลูกหลานและอนาคตของประเทศชาติ

ระบบการปลูกผักแบบแปลงยกพื้นมีชื่อเรียกอื่น เช่น การปลูกผักบนโต๊ะ การปลูกผักบนแคร่ การปลูกผักแบบกระบะยกสูง มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน โดยโครงสร้างต้องมีความปลอดภัย มีความแข็งแรงทนทาน มีการจัดการด้านการให้น้ำหรือความชื้นที่เหมาะสมสำหรับพืช ด้วยการจัดการวัสดุปลูกให้เหมาะสม (ชำนาญ ขวัญสกุล, 2565; อุดมศักดิ์ สารีบุตร, 2549) วัสดุที่เหมาะสำหรับการปลูกพืช สามารถใช้อินทรียวัตถุชนิดต่าง ๆ และปุ๋ยคอก วัสดุเหล่านี้เมื่อผสมพร้อมใช้แล้ว จะมีสมบัติเฉพาะตัวที่ทำให้วัสดุปลูกมีความเหมาะสมแตกต่างกันไป เช่น การยึดลำต้น การอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ ลดการขังน้ำในระบบราก ระบายน้ำได้ง่าย และรากสามารถชอนไชได้ดี ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544; สามารถ ใจเตี้ย และคนอื่น ๆ, 2566; Singh et al., 2008) การปลูกผักลักษณะดังกล่าวสามารถควบคุมกระบวนการผลิตให้ปลอดภัยจากสารเคมีปนเปื้อนผลผลิต ซึ่งเป็นอีกทางเลือกสำหรับการปลูกพืชในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม วิธีการนี้ช่วยรักษาสภาพความชื้น และความเป็นประโยชน์กับสารอาหารพืช คือ ช่วยในการระบายน้ำได้ดี ควบคุมวัชพืชได้ง่าย ผลผลิตของพืชผักขึ้นอยู่กับการปรับปรุงวัสดุปลูกที่ใส่ลงในแปลงและระบบการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ โดยการนำวัสดุต่าง ๆ มาปรุงผสมกันให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ทำให้ได้ความพอเพียงของธาตุอาหารพืชและความสามารถในการอุ้มและระบายน้ำที่เหมาะสม (Sharma, 2021; Sharma et al., 2023) แปลงปลูกแบบยกพื้นที่กล่าวมาสามารถประหยัดน้ำได้ร้อยละ 20-25 ประหยัดแรงงานร้อยละ 30–40 อีกทั้งยังเพิ่มผลผลิตทางการตลาดร้อยละ 10–20 (Singh et al., 2008) โดยผลผลิตมีน้ำหนักสดมากกว่าการปลูกแบบอื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ชำนาญ ขวัญสกุล, 2565) วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดินร่วน ปุ๋ยคอกมูลหมู และกากตะกอนอ้อย เป็นวัสดุที่ศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักคะน้าทางด้านลำต้น ใบและน้ำหนักผลผลิตได้ดีกว่าวัสดุสูตรอื่น (พัฒนา สมนิยาม และคนอื่น ๆ, 2567) อย่างไรก็ตาม ความสูงของกระบะและความลึกของวัสดุปลูกขึ้นอยู่กับชนิดของพืช โดยผักบริโภคผล เช่น มะเขือเทศ ต้องการความลึก 12 นิ้ว (30.48 เซนติเมตร) ขณะที่ผักบริโภคใบสามารถปลูกในระดับความลึก 6 นิ้ว (15.24 เซนติเมตร) (Sabeh, 2020)

แปลงผักยกพื้นเป็นการปลูกพืชในภาชนะอีกรูปแบบหนึ่งที่ยกพื้นขึ้นมา โดยมีการจัดการวัสดุปลูกให้เหมาะสม ซึ่งเป็นโอกาสของผู้ปลูกที่จะได้ปรุงดินแบบสั่งตัดให้เหมาะสมกับชนิดของพืชผักที่ปลูก ทั้งทางด้านสมบัติของดินและปริมาณที่ใช้บนแปลงปลูก ทั้งนี้นอกจากจะเพิ่มผลผลิตแล้ว ปริมาณของวัสดุบนแปลงปลูก

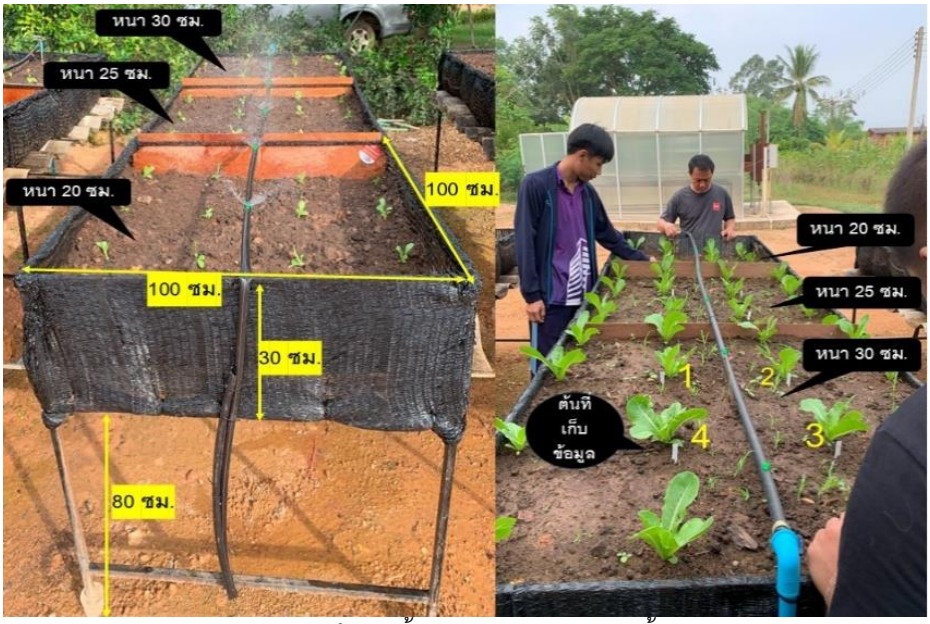
มีผลต่อต้นทุน และอายุการใช้งานของโครงสร้างแปลงปลูกด้วย (ชำนาญ ขวัญสกุล, 2565) อย่างไรก็ตามข้อมูลเชิงลึกด้านวิชาการเกี่ยวกับการปลูกผักแบบแปลงยกพื้นยังมีจำกัด ผู้วิจัยจึงได้นำวัสดุปลูกจากผลการศึกษาของพัฒนา สมนิยาม และคนอื่น ๆ (2567) มาทดสอบปลูกกับผักสลัดกรีนคอส ที่ระดับความหนาของวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน โดยประยุกต์ระดับความลึกของวัสดุปลูกจาก Sabeh (2020) และชำนาญ ขวัญสกุล (2565) ทดสอบในแปลงยกพื้นที่ดูแลโดยเกษตรกรสมาชิกพีจีเอส ซึ่งผลการวิจัยจะได้ข้อมูลทางวิชาการเป็นแนวทางสำหรับการผลิตผักอินทรีย์แบบแปลงยกพื้นในโอกาสต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของระดับความหนาของวัสดุปลูกบนแปลงแบบยกพื้นต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสที่ปลูกในพื้นที่ของเกษตรกร

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized completely block design: RCBD) ใช้พื้นที่เกษตรกรผู้ปลูกผักที่เป็นสมาชิกกลุ่มพีจีเอส ในอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยให้พื้นที่เกษตรกรเป็นบล็อก ซึ่งได้จากการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 4 ราย (พิกัด ได้แก่ 17°36'54"N 100°07'13"E; 17°38'54"N 100°08'22"E; 17°36'54"N 100°07'13”E; และ17°36'54"N 100°07'1”E) ทำการปลูกผักสลัดกรีนคอสบนแปลงแบบยกพื้น ซึ่งโครงสร้างเป็นเหล็ก กว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร และสูงจากพื้น 110 เซนติเมตร (โครงเหล็กสูง 80 เซนติเมตร และขอบกระบะปลูกสูง 30 เซนติเมตร) ใน 1 กระบะ แบ่งเป็น 3 ส่วน (ขนาดพื้นที่ 100 เซนติเมตร x 100 เซนติเมตร) ดังภาพ 1 โดยแต่ละส่วนบรรจุวัสดุหนาแตกต่างกัน แผนการทดลองประกอบด้วย 3 กรรมวิธี คือ ระดับความหนาของวัสดุปลูก 3 ระดับ ได้แก่ 20, 25 และ 30 เซนติเมตร ดำเนินการระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม 2567



ภาพ 1 โครงสร้างแปลงปลูกผักแบบยกพื้น

ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง นำวัสดุปลูกจากการทดลองของพัฒนา สมนิยาม และคนอื่น ๆ (2567) ซึ่งมีส่วนผสมของดินร่วน มูลหมูและกากตะกอนอ้อย อัตราส่วน 1:2:3 (โดยปริมาตร) ใส่หัวเชื้อ พด.1 จากสำนักงานพัฒนาที่ดิน ผสมกันแล้วหมักไว้ 60 วัน นำมาบรรจุลงในกระบะที่เตรียมไว้โดยการสุ่ม ตำแหน่งบนแปลงยกพื้นโครงสร้างที่เตรียมไว้ตามแผนการทดลอง 3 ระดับความหนา ติดตั้งระบบให้น้ำแบบฝนโปรยขนาดเล็ก (Minisprinklers) นำต้นกล้าผักสลัดกรีนคอส (พันธุ์กรีนไอวี่, บริษัทไทยลานนาเมล็ดพันธุ์) อายุ 20 วันหลังเพาะเมล็ด ที่ผ่านการคัดเลือกให้มีขนาดเท่า ๆ กัน มาปลูกในแปลงโดยกำหนดระยะระหว่างแถว x ระหว่างต้นเท่ากับ 25 เซนติเมตร x 25 เซนติเมตร หลังจากนั้นให้เกษตรกรดูแลตามคำแนะนำของผู้วิจัย

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดกรีนคอส สุ่มเก็บตัวอย่างจากแต่ละแปลงจำนวน 4 ต้นต่อระดับความหนาของวัสดุปลูก บันทึกข้อมูล ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความเขียวใบ (วัดด้วย Minolta chlorophyll meter SPAD-502DL) และความกว้างทรงพุ่ม การเก็บข้อมูลดำเนินการบันทึกทุก 5 วัน เริ่มตั้งแต่ผักอายุ 25 วันหลังเพาะเมล็ด จนถึงอายุ 45 วัน ก่อนเก็บเกี่ยวทำการบันทึกน้ำหนักผลผลิตทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ก่อนเก็บเกี่ยวได้สุ่มเก็บตัวอย่างใบผักสลัดกรีนคอสไปตรวจเชื้อ Coliform (Gram-negative bacteria) ด้วยชุดตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Sl-2) และเชื้อ *Escherichia coli* ด้วยชุดทดสอบแบบ Test kit for *Escherichia coli* โดยแบ่งเป็นตัวอย่างใบเป็น 2 กลุ่ม คือ ใบที่ล้างน้ำและใบที่ไม่ได้ล้างน้ำ ผลการวิจัยและกระบวนการผลิตผักแบบแปลงยกพื้นได้นำไปถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกรกลุ่มพีจีเอสและนักศึกษาที่เรียนเนื้อหาเกี่ยวกับเกษตรปลอดภัย โดยจัดเวทีเสวนาและเยี่ยมชมแปลงของเกษตรกรผู้ร่วมโครงการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของผัก มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ IBM SPSS Statistics 26

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตด้านความสูงของผักสลัดกรีนคอส อายุ 25-45 วัน พบว่า ระดับความหนาของวัสดุปลูกที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของผักสลัดกรีนคอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความหนาของวัสดุปลูกที่ระดับ 20 เซนติเมตร มีผลต่อความสูงต้นผักสลัด ตั้งแต่ อายุ 25 ถึง 45 วัน เท่ากับ 89.41 (52.52), 156.81 (13.13), 212.50 (16.23), 262.69 (15.80) และ 320.75 (18.58) มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังตาราง 1

ตาราง 1 การเจริญเติบโตด้านความสูงของผักสลัดกรีนคอส (มิลลิเมตร)

ความหนาของวัสดุปลูก (เซ็นติเมตร)	อายุผัก (วัน)				
	25	30	35	40	45
	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)
20	89.41 (52.52)	156.81 (13.13)	212.50 (16.23)	262.69 (15.80)	320.75 (18.58)
25	87.75 (53.28)	150.38 (10.96)	193.94 (24.47)	245.13 (37.46)	323.19 (19.06)
30	87.50 (51.79)	154.63 (10.08)	197.63 (22.22)	250.75 (32.43)	293.63 (30.30)
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
Block	**	ns	**	**	ns
C.V. (%)	8.7	71.30	48.63	63.19	93.95

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน),
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามลำดับ

วัสดุปลูกบนแปลงยกพื้นที่มีระดับความหนาแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบของผักสลัดกรีนคอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่ออายุ 45 วัน ความหนาของวัสดุปลูกที่ระดับ 20 เซนติเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ยค่อนข้างมากกว่าระดับอื่น คือ 24.69 (6.72) ใบ ดังตาราง 2

ตาราง 2 การเจริญเติบโตด้านจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดกรีนคอส (ใบต่อต้น)

ความหนาของวัสดุปลูก (เซ็นติเมตร)	อายุผัก (วัน)				
	25	30	35	40	45
	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)
20	6.13 (1.13)	8.63 (1.92)	11.75 (2.52)	16.25 (4.21)	24.69 (6.72)
25	6.00 (1.43)	8.00 (1.78)	12.06 (2.68)	15.88 (3.65)	21.69 (5.09)
30	5.94 (1.71)	8.69 (1.38)	12.00 (2.42)	16.75 (3.28)	19.94 (2.18)
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
Block	**	**	**	**	ns
C.V. (%)	30.73	41.33	27.91	53.29	55.92

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน),
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามลำดับ

วัสดุปลูกบนแปลงยกพื้นที่มีระดับความหนาแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านความกว้างของใบผักสลัดกรีนคอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อผักสลัดกรีนคอสมีอายุ 35 วัน มีการเจริญเติบโตโดยขยายความกว้างของใบมากที่สุด ซึ่งระดับความหนาของวัสดุปลูกที่ระดับ 20 เซนติเมตร ใบมีความกว้าง

เฉลี่ย 67.50 (7.03) มิลลิเมตร ขณะที่ระดับความหนาของวัสดุปลูกที่ระดับ 25 และ 30 เซนติเมตร ทำให้ใบมีความกว้างใบใกล้เคียงกัน คือ 64.69 (5.66) และ 64.63 (3.79) มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังตาราง 3

ตาราง 3 การเจริญเติบโตด้านความกว้างใบของผักสลัดกรีนคอส (มิลลิเมตร)

ความหนาของวัสดุปลูก (เซ็นติเมตร)	อายุผัก (วัน)				
	25	30	35	40	45
	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)
20	46.32 (16.93)	59.89 (3.88)	67.50 (7.03)	58.18 (6.15)	62.38 (2.93)
25	32.11 (20.72)	63.19 (10.04)	64.69 (5.66)	59.06 (6.53)	64.88 (3.07)
30	32.85 (22.49)	57.94 (2.89)	64.63 (3.79)	63.31 (4.54)	64.75 (2.56)
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
Block	**	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	59.73	110.06	125.78	70.91	75.09

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน),
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามลำดับ

ด้านความยาวของใบ พบว่า วัสดุปลูกบนแปลงยกพื้นที่มีระดับความหนาแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านความยาวของใบผักสลัดกรีนคอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระดับความหนาของวัสดุปลูก 20 เซนติเมตร มีผลทำให้ผักสลัดกรีนคอสมีความยาวของใบเฉลี่ยค่อนข้างสูง เมื่ออายุ 30 35 และ 45 วัน โดยมีความยาวเฉลี่ย 130.69 (14.82), 134.00 (14.08), และ 132.75 (13.58) มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่ระดับความหนา 25 และ 30 เซนติเมตร มีความยาวใบใกล้เคียงกัน ดังตาราง 4

ตาราง 4 การเจริญเติบโตด้านความยาวใบของผักสลัดกรีนคอส (มิลลิเมตร)

ความหนาของวัสดุปลูก (เซ็นติเมตร)	อายุผัก (วัน)				
	25	30	35	40	45
	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)
20	77.05 (45.31)	130.69 (14.82)	134.00 (14.08)	115.87 (18.68)	132.75 (13.58)
25	72.62 (49.48)	117.50 (11.39)	123.88 (20.89)	119.75 (18.43)	127.69 (16.98)
30	73.06 (47.92)	119.50 (7.82)	124.13 (11.98)	125.31 (16.35)	121.25 (5.72)
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
Block	**	ns	ns	**	ns
C.V. (%)	19.20	78.76	84.41	83.94	89.27

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน),
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามลำดับ

วัสดุปลูกบนแปลงยกพื้นที่มีระดับความหนาแตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มของผักสลัดกรีนคอสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระดับความหนา 20 เซนติเมตร มีแนวโน้มให้ความกว้างทรงพุ่มมากกว่าระดับอื่น ๆ โดยเฉพาะเมื่อผักอายุ 35 วัน มีความกว้างของทรงพุ่มมากที่สุด 251.69 (29.11[a]) มิลลิเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากระดับความหนา 25 เซนติเมตร 226.75 (32.77[b]) มิลลิเมตร แต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากระดับความหนา 30 เซนติเมตร 235.81 (24.19[ab]) มิลลิเมตร ดังตาราง 5

ตาราง 5 การเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มของผักสลัดกรีนคอส (มิลลิเมตร)

ความหนาของวัสดุปลูก (เซ็นติเมตร)	**อายุผัก (วัน)**				
	25	**30**	**35**	**40**	**45**
	$\bar{x}$ (S.D.)	**$\bar{x}$ (S.D.)**	**$\bar{x}$ (S.D.)**	**$\bar{x}$ (S.D.)**	**$\bar{x}$ (S.D.)**
20	103.88 (73.25)	204.50 (35.83)	251.69 (29.11[a])	327.13 (50.33)	356.69 (27.22)
25	82.50 (47.84)	183.06 (25.41)	226.75 (32.77[b])	280.13 (32.25)	350.44 (14.96)
30	83.60 (48.86)	197.13 (37.48)	235.81 (24.19[ab])	311.12 (39.40)	326.56 (18.74)
F-test	ns	ns	*	ns	ns
Block	*	ns	**	*	ns
C.V. (%)	56.61	91.69	33.05	32.82	76.20

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน),
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
*, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95, 99% ตามลำดับ

ระดับความหนาของวัสดุปลูกที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความเขียวของใบผักสลัดกรีนคอส ที่ปลูกแบบแปลงยกพื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทุกระดับความหนาของวัสดุปลูก ทำให้ใบผักสลัดกรีนคอสมีความเขียวใกล้เคียงกันตลอดช่วงอายุของการเจริญเติบโต ดังตาราง 6

ตาราง 6 การเจริญเติบโตด้านดัชนีความเขียวในใบผักสลัดกรีนคอส (SPAD unit)

ความหนาของวัสดุปลูก (เซ็นติเมตร)	**อายุผัก (วัน)**				
	25	**30**	**35**	**40**	**45**
	$\bar{x}$ (S.D.)	**$\bar{x}$ (S.D.)**	**$\bar{x}$ (S.D.)**	**$\bar{x}$ (S.D.)**	**$\bar{x}$ (S.D.)**
20	33.04 (3.31)	35.34 (1.82)	33.46 (1.70)	30.59 (2.78)	25.07 (7.09)
25	33.51 (2.54)	35.39 (4.21)	34.04 (1.69)	32.56 (3.45)	30.49 (7.54)
30	33.17 (2.18)	35.23 (2.01)	32.76 (1.31)	31.37 (5.27)	32.11 (2.17)
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
Block	ns	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	84.40	74.02	46.71	81.98	59.31

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน),
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ระดับความหนาของวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัดกรีนคอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในส่วนเหนือดินและส่วนของราก โดยความหนาของวัสดุปลูกที่ระดับ 20 เซนติเมตร มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งค่อนข้างสูง โดยมีน้ำหนักสด ส่วนเหนือดิน 215.32 (86.61) กรัม น้ำหนักสดส่วนราก 12.84 (3.85) กรัม และมีน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน 10.36 (3.76) กรัม น้ำหนักแห้งของราก 0.99 (0.49) กรัม ดังตาราง 7

ตาราง 7 น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักสลัดกรีนคอสในระยะการเก็บเกี่ยว (อายุ 45 วัน)

ความหนาของวัสดุปลูก (เซ็นติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)		น้ำหนักแห้ง (กรัม)	
	ส่วนเหนือดิน	ราก	ส่วนเหนือดิน	ราก
	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)
20	215.32 (86.61)	12.84 (3.85)	10.36 (3.76)	0.99 (0.49)
25	188.10 (68.85)	11.73 (2.08)	9.52 (2.77)	0.85 (0.16)
30	195.88 (71.35)	9.08 (3.19)	9.23 (3.17)	0.74 (0.34)
F-test	ns	ns	ns	ns
Block	**	ns	**	*
C.V. (%)	37.51	67.52	43.88	65.86

หมายเหตุ: ส่วนเหนือดิน=ลำต้นและใบ,

$\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน),

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,

*, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95, 99% ตามลำดับ

เมื่อนำตัวอย่างใบผักสลัดกรีนคอสที่ปลูกแบบแปลงยกพื้น ไปตรวจหาการปนเปื้อนของเชื้อ Coliform (Gram-negative bacteria) และเชื้อ *Escherichia coli* พบว่า ผักสลัดกรีนคอสที่ผ่านกระบวนการล้างน้ำ ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่มนี้ แต่พบการปนเปื้อนเชื้อกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 1 ตัวอย่าง ในตัวอย่างใบผักที่ไม่ผ่านกระบวนการล้างน้ำ (ข้อมูลรายละเอียดไม่ได้แสดง) จากผลการวิจัยนี้ได้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคนิคต่าง ๆ ในการปลูกผักอินทรีย์แบบแปลงยกพื้นให้กับเกษตรกรกลุ่มสมาชิกพีจีเอส จังหวัดอุตรดิตถ์ และนักศึกษาที่เรียนเกี่ยวกับเกษตรปลอดภัย โดยวิธีการจัดเวทีเสวนาและเยี่ยมชมแปลงปลูกของเกษตรกรที่ร่วมโครงการวิจัย ดังภาพ 2

ภาพ 2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกผักแบบแปลงยกพื้นให้กับเกษตรกรสมาชิกพีจีเอสและผู้สนใจ

อภิปรายผลการวิจัย

ผักสลัดกรีนคอสที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีความหนาแตกต่างกันในระบบแปลงแบบยกพื้น พบว่าระดับความหนาของวัสดุปลูกไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในทางสถิติ ทุกองค์ประกอบและตลอดอายุการเจริญเติบโตของผัก ได้แก่ ด้านความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ และความเขียวของใบ รวมถึงผลผลิตในด้านของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ยกเว้นด้านความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อผักมีอายุ 35 วัน พบว่า ระดับความหนาของวัสดุปลูกที่ 20 เซนติเมตร มีความกว้างของทรงพุ่มมากกว่าความหนาระดับอื่น ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อผ่านระยะนี้ไปแล้ว ระดับความหนาของวัสดุไม่มีผลต่อองค์ประกอบของการเจริญเติบโตจนถึงการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าความหนาของวัสดุปลูกที่ระดับ 20 เซนติเมตร มีผลต่อการรักษาความชื้นและการระบายน้ำได้อย่างเหมาะสม ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของการขังน้ำที่บริเวณราก ประกอบกับมีการถ่ายเทอากาศได้สะดวก ช่วยให้รากของพืชได้รับออกซิเจนได้ดี หรือจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในวัสดุปลูกมีกิจกรรมที่เหมาะสม ขณะที่ระดับความหนาที่มากเกินไป (30 เซนติเมตร) อาจทำให้การระบายน้ำช้าลง และส่งผลให้รากพืชขาดออกซิเจน ซึ่งเป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง (Singh et al., 2008) ความหนาระดับนี้จึงส่งเสริมการใช้สารอาหารเพื่อการเจริญ เติบโตของผักได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอส ซึ่งเป็นผักบริโภคใบที่มีระบบรากตื้น สอดคล้องกับ Sharma (2021), Sharma et al. (2023) และสามารถ ใจเตี้ยและคนอื่น ๆ (2566) กล่าวว่า วัสดุปลูกเมื่อผสมพร้อมใช้แล้วต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับชนิดพืช ความพอเพียงของธาตุอาหาร ความสามารถในการอุ้มและระบายน้ำที่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก ส่วนความลึกของวัสดุปลูกขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ทั้งนี้เนื่องจากพืชผักมีระบบรากสั้นอยู่บริเวณตื้น ๆ (ธงชัย มาลา, 2546) สอดคล้องกับ ชำนาญ ขวัญสกุล (2565) ที่พบว่า ความหนาของวัสดุปลูกบนแปลงแบบยกพื้น 20 เซนติเมตร ปลูกผักกาดฮ่องเต้ก้านขาวเจริญได้ดีกว่าในวิธีปลูกแบบอื่น และ Sabeh (2020) แนะนำว่า ผักบริโภคใบ สามารถปลูกในระดับความลึก 6 นิ้ว (15.24 เซนติเมตร) ข้อสังเกต ผลการศึกษานี้ แตกต่างกับสมมติฐานที่ว่าวัสดุปลูกที่หนาขึ้นอาจช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชได้ดีขึ้น เนื่องจากมีการกักเก็บความชื้นและธาตุอาหารมากขึ้น (Sharma et al., 2023) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าคุณภาพของวัสดุปลูกสำคัญกว่าปริมาณหรือระดับความหนา โดยธาตุอาหารที่มีอยู่ในวัสดุปลูกอาจเป็นตัวแปรหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Sharma, 2021)

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยในภาพรวม พบว่า ผักสลัดกรีนคอสมีการเจริญเติบโตทุกองค์ประกอบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะของการเจริญเติบโตจนถึงการให้ผลผลิต ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากคุณภาพของวัสดุปลูกมากกว่าระดับความหนาของวัสดุปลูก ซึ่ง ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2561) กล่าวว่า ดินที่ดีในที่นี้หมายถึงวัสดุปลูกที่ดี จะส่งเสริมการแสดงออกทางพันธุกรรมของพืชได้เต็มที่ จะเห็นได้จากช่วงที่ผักอายุ 30-40 วัน ผักสลัดกรีนคอส มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในทุกด้านและทุกระดับความหนาของวัสดุปลูก ซึ่งอาจเป็นเพราะ 2 ปัจจัยหลัก คือปัจจัยแรกความคงที่และความสม่ำเสมอของพันธุกรรมผักสลัดกรีนคอสที่มีศักยภาพที่ดีจึงตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ดี ปัจจัยที่ 2 คือ คุณภาพของวัสดุปลูกที่นำมาใช้มีความสมบูรณ์จากธาตุอาหารที่เพียงพอในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักที่ปลูกบนแปลงยกพื้นได้ดีมาก ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ส่วนผสมและวิธีการหมักวัสดุนี้อาจช่วยปลดปล่อยสารอาหารได้อย่างเหมาะสมและยาวนานเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตระยะสุดท้ายตอนเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกัน เป็นที่น่าสังเกตว่าพื้นที่เกษตรกรส่งผลต่อองค์ประกอบของการเจริญเติบโตของผักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่ปลูกและประสบการณ์ การดูแลที่แตกต่างกันส่งผลต่อผลผลิตทางการเกษตรได้ โดยภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2561) กล่าวว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดีของพืชนั้นขึ้นอยู่กับการจัดการโดยผู้ปลูกเป็นส่วนใหญ่ การจัดการสิ่งแวดล้อมในแปลงปลูกให้เหมาะสมทำให้พืชมีความแข็งแรงและแสดงศักยภาพของพันธุกรรมออกมาได้อย่างเต็มที่จึงส่งผลต่อผลผลิตที่มีคุณภาพด้วย และเมื่อนำตัวอย่างใบผักสลัดกรีนคอสที่ปลูกแบบแปลงยกพื้น ไปตรวจหาเชื้อ Coliform (Gram-negative bacteria) พบว่าผักสลัดกรีนคอสที่ผ่านการล้างน้ำ ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในขณะที่ตัวอย่างใบผักสลัดกรีนคอสที่ไม่ผ่านการล้างน้ำพบการปนเปื้อนเชื้อเพียง 1 ตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าการปลูกผักแบบแปลงยกพื้นได้ผลิตภัณฑ์ผักที่มีความปลอดภัยสูง จึงสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคได้ โดยการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าก็สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ความหนาของวัสดุปลูกบนแปลงแบบยกพื้นทั้ง 3 ระดับ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสตลอดอายุการเจริญเติบโต แต่ยกเว้นเมื่อผักอายุ 35 วัน ระดับความหนาของวัสดุปลูก 20 เซนติเมตร มีผลต่อความกว้างทรงพุ่มของผักสลัดกรีนคอส แตกต่างจากระดับความหนาที่ 25 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ระดับความหนา 20 เซนติเมตร ยังมีแนวโน้มต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระดับอื่น ๆ ด้วย ดังนั้นผู้วิจัยแนะนำให้บรรจุวัสดุปลูกบนแปลงแบบยกพื้นหนา 20 เซนติเมตร เพียงพอสำหรับการปลูกผักบริโภคใบ นอกจากนี้พื้นที่แปลงปลูกของเกษตรกรแต่ละรายส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิตที่ดีแล้วก็ตาม ควรคำนึงถึงความแตกต่างของสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ด้วย รวมทั้งต้องให้ความใส่ใจปฏิบัติดูแลผักที่ปลูกอย่างใกล้ชิดจึงจะได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และผลจากการตรวจตัวอย่างใบผักที่ปลูกแบบยกพื้นไม่พบเชื้อจุลินทรีย์เมื่อผ่านการล้างจึงแสดงถึงความปลอดภัยและสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคผักอินทรีย์จากการปลูกแบบยกพื้น ได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

วัสดุปลูกนี้ผลิตจากวัสดุท้องถิ่นคือปุ๋ยคอกและกากตะกอนอ้อยผสมดินร่วน เมื่อหมักแล้วนำไปใช้ในปริมาณน้อย ไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมีและไม่ต้องใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จึงมีความปลอดภัยต่อเกษตรกรผู้ผลิต

ลดต้นทุนในการผลิตวัสดุปลูกและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ผักมีความปลอดภัยทั้งจากสารเคมีและจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค จากผลการวิจัย จึงขอเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. สำหรับเกษตรกรที่ต้องการลดต้นทุนวัสดุปลูก แนะนำให้ใช้วัสดุอินทรีย์ในท้องถิ่น นำมาผ่านกระบวนการหมักให้สมบูรณ์ เมื่อใช้ปลูกบนแปลงยกพื้นให้ใช้ปริมาณของวัสดุปลูกหนา 20 เซนติเมตร

2. สำหรับหน่วยงานภาครัฐ เช่น พัฒนาที่ดิน เกษตรจังหวัด และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ควรสนับสนุน และผลักดันระบบการปลูกแบบนี้ พัฒนาการสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์รวมถึงมีมาตรการทางการตลาดรองรับผลิตภัณฑ์จากระบบการผลิตนี้ด้วย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมทั้งความหลากหลายของวัสดุปลูกในท้องถิ่นและทดสอบกับพืชประเภทอื่น เช่น ผักบริโภคผล และบริโภคหัว พืชสมุนไพร เป็นต้น โดยมีการเปรียบเทียบ การปลูกแบบแปลงยกพื้นกับการปลูกในรูปแบบอื่น เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในเชิงเศรษฐกิจ รวมทั้งการศึกษาถึงชนิดของวัสดุและรูปแบบโครงสร้างของแปลงยกพื้น ที่เหมาะสมทั้งประโยชน์ใช้สอย อายุการใช้งาน และความคุ้มทุนในทางเศรษฐกิจ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย ขอบคุณเกษตรกรที่ให้ความอนุเคราะห์ เป็นผู้ร่วมให้พื้นที่และข้อมูลต่าง ๆ ในการทดลองวิจัย และขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2560). *คู่มือการรับรองเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรม.

เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. (2563). *ข่าวร้ายปลายปี 2563 ไทยแพนพบผักผลไม้ 58.7% พบสารพิษตกค้างบริโภคเกินมาตรฐาน*. เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. https://thaipan.org/highlights/2283

_____. (2564). *ปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของไทยอยู่อันดับไหนของโลก.* เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. https://thaipan.org/highlights/2426

ชำนาญ ขวัญสกุล. (2565). การวิจัยและพัฒนาแปลงผักยกพื้นเพื่อการผลิตผักคุณภาพ. *วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี, 3*(1), 60–74. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/atj/article/view/253875

ธงชัย มาลา. (2546). *ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์*. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัฒนา สมนิยาม, วิมลฉัตร สมนิยาม, วราภรณ์ ภู่ภักดีพันธุ์, ภูมิพัฒน์ พัทดิพันธ์ปรีดา, และปริญญา บัญญัติ. (2567). *การศึกษาศักยภาพของวัสดุท้องถิ่นเพื่อการผลิตผักอินทรีย์บางชนิดในรูปแบบแปลงยกพื้นสำหรับเกษตรกรกลุ่มพีจีเอสจังหวัดอุตรดิตถ์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2561). *การผลิตและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพปั้นเม็ดประสิทธิภาพสูง*. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

มุกดา สุขสวัสดิ์. (2544). *ความอุดมสมบูรณ์ของดิน*. โอ.เอส. พริ้นติ้งเอ้าส์.

วันปิติ ธรรมศรี. (2564). ผลกระทบทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรไทย. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, *39*(4), 329–336. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/article/view/249179/173272

สามารถ ใจเตี้ย, สิวลี รัตนปัญญา, จันจิราภรณ์ สท้านไตรภพ, และฉัตรศิริ วิภาวิน. (2566). การพัฒนาวัสดุปลูกพืชจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเชิงการค้า. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 15*(2), 439-450. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/view/249370/176737

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. (2549). *เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.* โอเดียนสโตร์.

Sabeh, N. (2020). Chapter 7 - Rooftop plant production systems in urban areas. In T. Kozai, G. Niu, M, Takagaki (Eds.), *Plant Factory* (2nd ed., pp.129-135). Academic Press.

Sharma, A. (2021). Raised bed cultivation: A regenerative planting technology to stimulate vegetable production. *Gri meet, 1*(11), 1–13.

Sharma, R., Bakshi, P., Kumar, R. M., & Manmohan, L. (2023). Effect of growing media on fruit crops: a review. *The Pharma Innovation Journal, 12*(1), 1364–1369.

Singh, S., Singh, D. R., Velmurugan, A., Jaisankar, I., & Swarnam, T. P. (2008). Coping with climatic uncertainties through improved production technologies in tropical island conditions. In C. R. Elevitch (Ed.), *Biodiversity and Climate Change Adaptation in Tropical Islands* (pp. 623–666). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813064-3.00023-5

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

6

การประยุกต์สารสนเทศเชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนการแก้ไขปัญหาความยากจนตามลักษณะทางภูมินิเวศ กรณีจังหวัดยโสธร

วันที่รับ: 1 สิงหาคม 2568
วันที่แก้ไข: 4 พฤศจิกายน 2568
วันที่ตอบรับ: 6 พฤศจิกายน 2568

มนตรี พิมพ์ใจ[1*], ปณิธี บุญสา[2], ณพล อนุตตรังกูร[3] และ อุบล สวัสดิ์ผล[4]
[1]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
[2]มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่
[3]โครงการจัดตั้งวิทยาเขตนครสวรรค์ มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครสวรรค์
[4]มูลนิธิส่งเสริมนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน จังหวัดร้อยเอ็ด
*Corresponding author e-mail: montree.p@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้สารสนเทศเชิงพื้นที่ในการจำแนกและกำหนดขอบเขตลักษณะภูมินิเวศ และเพื่อจัดกลุ่มครัวเรือนยากจนตามบริบททางพื้นที่และเปรียบเทียบกับลักษณะทางภูมินิเวศจังหวัดยโสธร จากฐานข้อมูลครัวเรือนยากจน จำนวน 5,041 ครัวเรือน โดยใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสานในการบูรณาการข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเข้าด้วยกัน ได้แก่ การนิยามลักษณะภูมินิเวศแบบมีส่วนร่วม การจำแนกขอบเขตภูมินิเวศด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การจัดกลุ่มครัวเรือนยากจนและการวิเคราะห์การกระจายตัวตามลักษณะทางภูมินิเวศของจังหวัดด้วยเทคนิคการซ้อนทับ แบบ Identity analysis ผลการวิจัยพบว่า พื้นที่จังหวัดยโสธรสามารถจำแนกลักษณะภูมินิเวศได้ 5 รูปแบบ คือ ภูมินิเวศภู ภูมินิเวศโคก ภูมินิเวศทุ่ง ภูมินิเวศทาม และภูมินิเวศเมือง อย่างเป็นรูปธรรมด้วยการแสดงผลในรูปแบบแผนที่ พร้อมทั้งการจัดกลุ่มข้อมูลครัวเรือนยากจนตามบริบทพื้นที่จังหวัดยโสธรออกเป็น 4 กลุ่ม คือ อยู่ลำบาก อยู่ยาก อยู่ได้ และอยู่ดี และการวิเคราะห์การกระจายตัวของครัวเรือนยากจนเปรียบเทียบกับลักษณะภูมินิเวศ พบว่าครัวเรือนยากจนส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในพื้นที่ภูมินิเวศทุ่งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 38.05 ของครัวเรือนยากจนทั้งหมด แต่เมื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นครัวเรือนคนจนต่อพื้นที่ภูมินิเวศกลับพบว่าพื้นที่นิเวศเมืองเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นครัวเรือนคนจนมากที่สุดคิดเป็น 4.11 ครัวเรือนต่อตารางกิโลเมตร ความแตกต่างภูมินิเวศเหล่านี้บ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อความยากจนภายใต้เงื่อนไขการดำเนินชีวิต การประกอบอาชีพ ของภูมินิเวศที่แตกต่างกัน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ในฐานะเครื่องมือที่ช่วยกำหนดขอบเขตพื้นที่ จัดการข้อมูลเชิงกายภาพและวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของครัวเรือนยากจน ที่จะเป็นประโยชน์ในอนาคตต่อการสนับสนุนการออกแบบ การตัดสินใจเชิงนโยบายด้านการพัฒนา และการแก้ไขปัญหาความยากจนให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถกำหนดมาตรการช่วยเหลือที่สอดคล้องกับบริบทของแต่ละภูมินิเวศได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ภูมินิเวศ, การแก้ไขปัญหาความยากจน, สารสนเทศเชิงพื้นที่, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

APPLYING SPATIAL INFORMATION TO SUPPORT POVERTY ALLEVIATION BASED ON ECOLOGICAL LANDSCAPE CHARACTERISTICS: A CASE STUDY OF YASOTHON PROVINCE

Received: August 1, 2025
Revised: November 4, 2025
Accepted: November 6, 2025

Montree Pimjai[1*], Paniti Bumsa[2], Napon Anuttarunggoon[3] and Ubon Sawasphon[4]
[1]Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand
[2]Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand
[3]Nakhonsawan campus, Mahidol University, Nakhon Sawan, Thailand
[4]Innovation Promoting for Sustainable Development Foundation, Roi Et, Thailand
*Corresponding author e-mail: montree.p@msu.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to apply spatial information to classify and delineate ecological characteristics, and to group poor households based on spatial contexts and compare them with ecological characteristics to support the design of poverty reduction strategies in Yasothon Province. The study utilized a database of 5,041 poor households. A mixed-methods research approach was employed to integrate quantitative and qualitative data, including the participatory definition of geo-ecological characteristics, the delineation of boundaries using Geographic Information Systems (GIS), the categorization of poor households, and the analysis of their distribution across the province's geo-ecological landscapes using the Identity Analysis overlay technique. The results revealed that Yasothon Province could be classified into five ecological types of Phu (uplands), Khok (mounds), Thung (lowland fields), Tham (floodplains), and Mueang (urban areas) which were visualized into maps. The impoverished households were categorized into four groups based on their spatial context of struggling, difficult, manageable, and secure. The spatial analysis comparing the distribution of poor households with the eco-landscape types indicated that the majority of poor households (38.05% of all poor households) resided in the Thung (lowland fields) eco-landscape. However, when analyzing the density of poor households per eco-landscape area, it was found that the Mueang (urban areas) eco-landscape had the highest density, with 4.11 poor households per square kilometer. These variations among eco-landscapes indicated that physical characteristics significantly influenced poverty conditions, particularly in relation to livelihoods and occupations that differed across each eco-landscape type. This study demonstrated the vital role of spatial information systems as tools for defining ecological boundaries, managing physical data, and analyzing the spatial distribution of poor households.

The findings could be beneficial in supporting future policy design and decision-making for poverty alleviation and development, enabling relevant agencies to formulate targeted and effective interventions that align with the specific contexts of each ecosystem.

Keywords: Ecological landscape; Poverty; Spatial information; Geographic information system

บทนำ

บริบทและสถานการณ์ปัญหาความยากจนจังหวัดยโสธร มีค่าดัชนีความก้าวหน้าการพัฒนาคนในด้านรายได้ต่ำที่สุด 1 ใน 10 ของประเทศไทย ข้อมูลดัชนีความก้าวหน้าของคน (Human achievement index – HAI) ปี 2562 ในดัชนีย่อยด้านรายได้ซึ่งเป็นดัชนีที่สะท้อนถึงสถานะด้านการเงินหรือเศรษฐกิจของคนในจังหวัด ลำดับที่ 72 ของประเทศ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) ทำให้จังหวัดยโสธรถูกคัดเลือกเป็นจังหวัดในโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาพื้นที่เพื่อแก้ไขปัญหาความยากจนแบบเบ็ดเสร็จและแม่นยำ ซึ่งได้ดำเนินการสำรวจและสอบทานข้อมูลครัวเรือนคนจนเป้าหมายด้วยแบบสำรวจจำนวน 5,041 ครัวเรือน เพื่อศึกษาทุน 5 มิติ ได้แก่ 1) ข้อมูลสมาชิกในครัวเรือน (ทุนมนุษย์) 2) ข้อมูลทุนด้านกายภาพและสาธารณูปโภค สาธารณูปการ (ทุนกายภาพ) 3) ข้อมูลสภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจ (ทุนการเงิน) 4) ข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและภัยพิบัติต่าง ๆ (ทุนทรัพยากรธรรมชาติ) และ 5) การเกื้อกูลและระบบรองรับทางสังคม (ทุนทางสังคม) เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปสู่การออกแบบการแก้ไขปัญหาภายใต้บริบทพื้นที่ (มนัส สุวรรณ, 2549; แมน ปุโรทกานนท์, 2566) ทั้งนี้จังหวัดยโสธรมีลักษณะทางภูมินิเวศ ทั้งแบบนิเวศภูเขา นิเวศโคก นิเวศทุ่ง นิเวศทาม และพื้นที่นิเวศชุมชนเมือง (นำชัย กฤษณาสกุล และคนอื่น ๆ, 2564) ซึ่งการดำรงชีวิตอยู่ในพื้นที่ภูมินิเวศและลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อความยากจนภายใต้เงื่อนไขการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพที่แตกต่างกัน (Suich et al., 2015) แต่ทั้งนี้ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่เชิงประจักษ์ของแต่ละระบบนิเวศทั้งจังหวัดเพื่อประกอบในการกำหนดนโยบายและการวางแผนแก้ไขปัญหานั้นยังไม่มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการแบ่งขอบเขตของพื้นที่ที่ชัดเจน

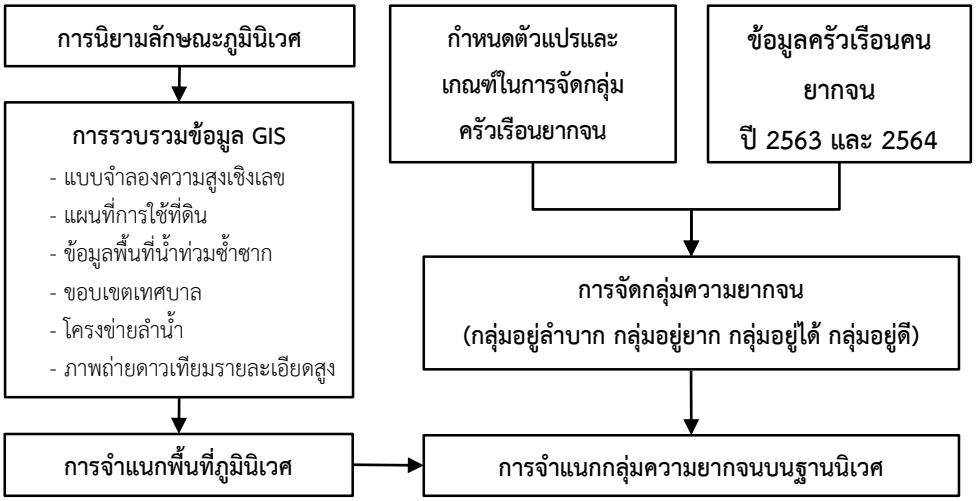
การวิจัยครั้งนี้จึงได้ดำเนินการประยุกต์ใช้สารสนเทศเชิงพื้นที่ โดยการบูรณาการความรู้ด้านการรับรู้จากระยะไกล (Remote sensing: RS) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system: GIS) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) [สทอภ.], 2552) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์กำหนดขอบเขตเชิงพื้นที่ของลักษณะภูมินิเวศแต่ละแบบในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ผลของการจำแนกขอบเขตภูมินิเวศที่แตกต่างกัน และการพัฒนาสารสนเทศเชิงพื้นที่ของภูมินิเวศนี้จะสามารถเป็นประโยชน์ในการนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลครัวเรือนคนจนเป้าหมายและข้อมูลทุนการดำเนินชีวิต ทั้ง 5 มิติของโครงการ เพื่อให้เข้าใจถึงบริบทความยากจนบนฐานนิเวศที่แตกต่าง ตลอดจนสามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนแก้ไขปัญหาความยากจนในโครงการให้มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้สารสนเทศเชิงพื้นที่ในการจำแนกและกำหนดขอบเขตลักษณะภูมินิเวศจังหวัดยโสธร
2. เพื่อจัดกลุ่มครัวเรือนยากจนตามบริบททางพื้นที่และเปรียบเทียบกับลักษณะทางภูมินิเวศจังหวัดยโสธร

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods research) โดยบูรณาการข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเข้าด้วยกัน ในด้านเชิงปริมาณใช้ข้อมูลและเทคนิคทางภูมิศาสตร์ (Geospatial data and techniques) เพื่อวิเคราะห์และจำแนกลักษณะภูมินิเวศเชิงพื้นที่ ขณะที่ในด้านเชิงคุณภาพ ใช้วิธีการสนทนากลุ่ม (Focus group discussion) เพื่อรวบรวมความคิดเห็นและข้อมูลเชิงลึกจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ทั้งนี้ การผสมผสานข้อมูลทั้งสองลักษณะมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความถูกต้อง ครอบคลุม และความน่าเชื่อถือในการพิจารณาจัดกลุ่มระดับความยากจนเชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบ ตามกรอบกระบวนการวิจัยดังภาพ 1 และมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้



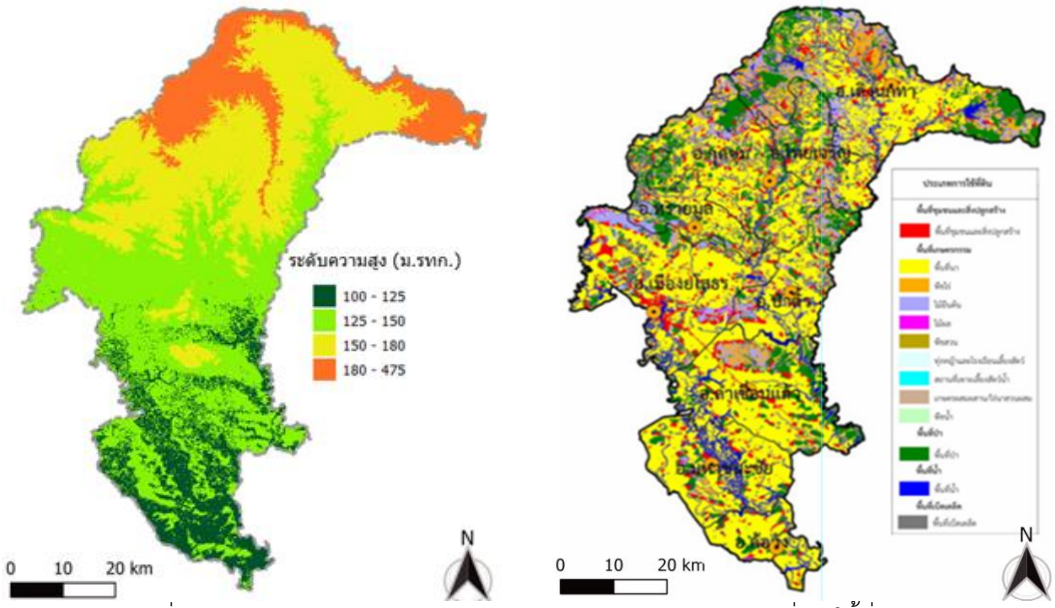
ภาพ 1 กรอบกระบวนการวิจัยการศึกษาความยากจนบนฐานภูมินิเวศจังหวัดยโสธร

1. การนิยามลักษณะภูมินิเวศ เป็นการศึกษาเพื่อกำหนดโครงสร้างคุณลักษณะของภูมินิเวศแต่ละประเภท

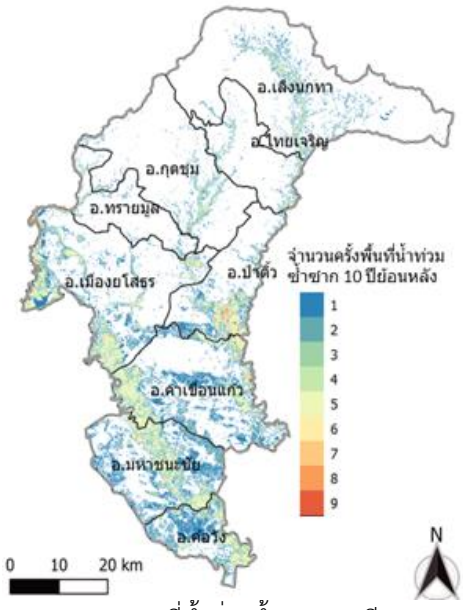
1.1 การตรวจเอกสาร แนวคิดหลักการ คุณลักษณะลักษณะนิเวศแต่ละประเภท

1.2 การประชุมแบบมีส่วนร่วมในการกำหนดนิยามและคุณลักษณะภูมินิเวศ ร่วมกับนักวิชาการ ปราชญ์ชาวบ้าน ผู้นำชุมชน และนักวิจัยโครงการ เพื่อกำหนดนิยามลักษณะภูมินิเวศ

2. การรวบรวมข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อประกอบการจำแนกขอบเขตประเภทแต่ละภูมินิเวศ ดังแสดงในภาพ 2 ดังนี้

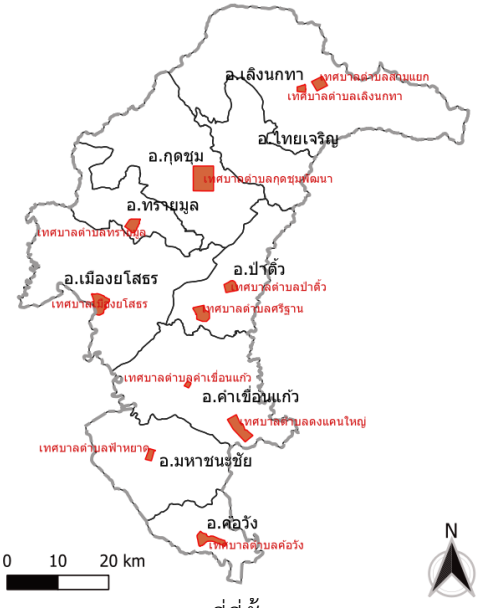


ก) แผนที่ระดับความสูงภูมิประเทศ ข) แผนที่การใช้ที่ดิน

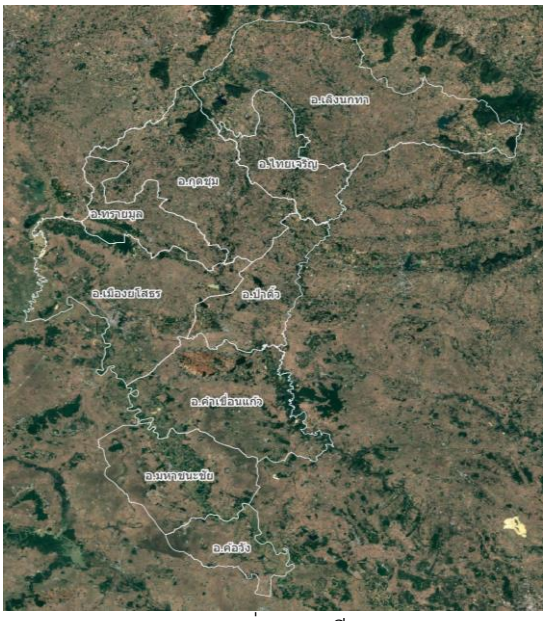


ค) แผนที่น้ำท่วมซ้ำซาก 10 ปี

ง) แผนที่โครงข่ายแม่น้ำ



จ) แผนที่ที่ตั้งเทศบาล



ฉ) ภาพถ่ายดาวเทียม

ภาพ 2 ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อประกอบการจำแนกภูมินิเวศ

2.1 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital elevation model: DEM) รวบรวมจากสำนักงานสำรวจทางธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกา (United states geological survey: USGS) ภายใต้ภารกิจ Shuttle radar topography mission (SRTM) ที่บันทึกข้อมูลในปี 2543 เพื่อแสดงภูมิประเทศด้วยการวิเคราะห์จำแนกช่วงชั้นระดับความสูง จากการพิจารณาลักษณะภูมิประเทศจากแผนที่ภาพแรเงาภูมิประเทศ (Hillshade) และเส้นชั้นความสูง (Contour) โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับความสูง เพื่อเป็นตัวแทนภูมิประเทศภูเขาสูง (ความสูงมากกว่า 180 ม.รทก.) พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดสูงต่ำจนถึงเนินเชิงเขา (150-180 ม.รทก.) กลุ่มพื้นที่ราบ (125-150 ม.รทก.) และกลุ่มพื้นที่ลุ่มต่ำ (สูงน้อยกว่า 125 ม.รทก.)

2.2 ข้อมูลการใช้ที่ดิน รวบรวมจากแผนที่การใช้ที่ดิน ปี 2566 โดยกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อวิเคราะห์จำแนกกลุ่มให้เห็นสภาพการใช้ที่ดินหลักที่เด่นชัดของแตกต่างกันแต่ละภูมินิเวศ ได้แก่ ภูมินิเวศเมืองเป็นพื้นที่ชุมชน

และสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น ภูมินิเวศภูส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่การเกษตร เช่น ยางพารา มันสำปะหลัง อ้อย ภูมินิเวศทุ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว และภูมินิเวศทามเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่แหล่งน้ำ

2.3 ข้อมูลโครงข่ายลำน้ำและพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก รวบรวมข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) เพื่อประกอบการพิจารณาจำแนกพื้นที่นิเวศทาม โดยการรวบรวมข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมในรอบ10 ปี คือ ปี 2556 - 2565 มาวิเคราะห์และแสดงให้เห็นถึงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก อันเป็นลักษณะเด่นของพื้นที่ภูมินิเวศทาม

2.4 ข้อมูลขอบเขตเทศบาล รวบรวมข้อมูลจากกรมการปกครอง เพื่อประกอบการพิจารณาตัดสินใจจำแนกภูมินิเวศเมือง เนื่องจากในเขตพื้นที่เทศบาลเป็นตัวแทนพื้นที่ความเจริญ และมีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น

2.5 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง จาก Google Earth ครอบคลุมพื้นที่จังหวัด ซึ่งบันทึกภาพในช่วงปี 2564 - 2567 เพื่อใช้ประกอบการการพิจารณาแปลตีความในการจำแนกขอบเขตนิเวศ

3. การจำแนกขอบเขตภูมินิเวศ ใช้วิธีการจำแนกและกำหนดขอบเขตพื้นที่ทั้ง 5 ภูมินิเวศด้วยวิธีการการแปลตีความข้อมูลด้วยสายตา (Visual interpretation) ในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system: GIS) โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) เพื่อกำหนดแนวเขตด้วยการ Digitizing ขอบเขตภูมินิเวศ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงจาก Google Earth ที่สามารถแสดงรายละเอียดสิ่งปกคลุมดินเป็นแผนที่ฐานในการตัดสินใจร่วมกับชั้นข้อมูลกายภาพอื่น ได้แก่ ชั้นประเภทข้อมูลการใช้ที่ดิน ชั้นข้อมูลขอบเขตเทศบาล ชั้นข้อมูลโครงข่ายแม่น้ำ ตามนิยามลักษณะภูมินิเวศที่กำหนดขึ้น ตลอดจนการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสภาพภูมิประเทศจริงของแต่ละภูมินิเวศ

4. การวิเคราะห์จัดกลุ่มครัวเรือนคนจนตามบริบทความยากจนของจังหวัดยโสธร โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในการพิจารณาเลือกตัวแปรและเกณฑ์สำหรับใช้ในการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มครัวเรือนคนยากจนในบริบทพื้นที่จังหวัดยโสธร ร่วมกับนักวิชาการ ปราชญ์ชาวบ้าน ตัวแทนครัวเรือนคนยากจน ผู้นำชุมชนและนักวิจัยโครงการ เพื่อจำแนกกลุ่มครัวเรือนคนยากจนในโครงการออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ครัวเรือนกลุ่มอยู่ลำบาก กลุ่มอยู่ยาก กลุ่มอยู่ได้ และกลุ่มอยู่ดี

5. การวิเคราะห์การกระจายตัวของครัวเรือนยากจนตามลักษณะภูมินิเวศ ดำเนินการด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการซ้อนทับ (Overlay techniques) แบบ Identity analysis ระหว่างชั้นข้อมูลขอบเขตภูมินิเวศ และชั้นข้อมูลตำแหน่งครัวเรือนยากจนที่ได้จากโครงการแก้ไขปัญหาความยากจนจังหวัดยโสธรในปี พ.ศ. 2563 และ 2564 ผลการวิเคราะห์ถูกนำมาใช้ในการอธิบายลักษณะการกระจายเชิงพื้นที่ของกลุ่มครัวเรือนยากจนภายใต้บริบทของภูมินิเวศ และแสดงผลในรูปแบบแผนที่เชิงพื้นที่ นอกจากนี้ ได้ดำเนินการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยใช้ Cross-tabulation analysis เพื่อตรวจสอบและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะภูมินิเวศกับกลุ่มครัวเรือนยากจน ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวถูกนำเสนอในรูปแบบตารางไขว้ (Contingency table) เพื่อแสดงการกระจายตัวและปริมาณของข้อมูล และใช้ประกอบการตีความและอธิบายผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ผลการวิจัย

1. การประยุกต์ใช้สารสนเทศเชิงพื้นที่ในการจำแนกและกำหนดขอบเขตลักษณะภูมินิเวศ

1.1 การนิยามลักษณะภูมินิเวศในพื้นที่จังหวัดยโสธร จากการตรวจเอกสารและการประชุมแบบมีส่วนร่วมของโครงการ สามารถกำหนดคุณลักษณะของภูมินิเวศ ทั้ง 5 ภูมินิเวศ ได้ดังนี้

1.1.1 ภูมินิเวศภู เป็นพื้นที่ที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ เป็นพื้นที่ภูเขาสูงซึ่งมีระดับความสูงตั้งแต่ 180 ม.รทก. ขึ้นไป รวมถึงบริเวณที่ราบเชิงเขา พื้นที่ป่าไม้ และกิจกรรมการใช้ที่ดินชาวบ้านส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยมีการเพาะปลูกยางพารา มันสำปะหลัง อ้อย เป็นพืชหลัก ประชาชนในพื้นที่นิเวศภูจะมีความเกี่ยวพันและพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ในการดำเนินชีวิต

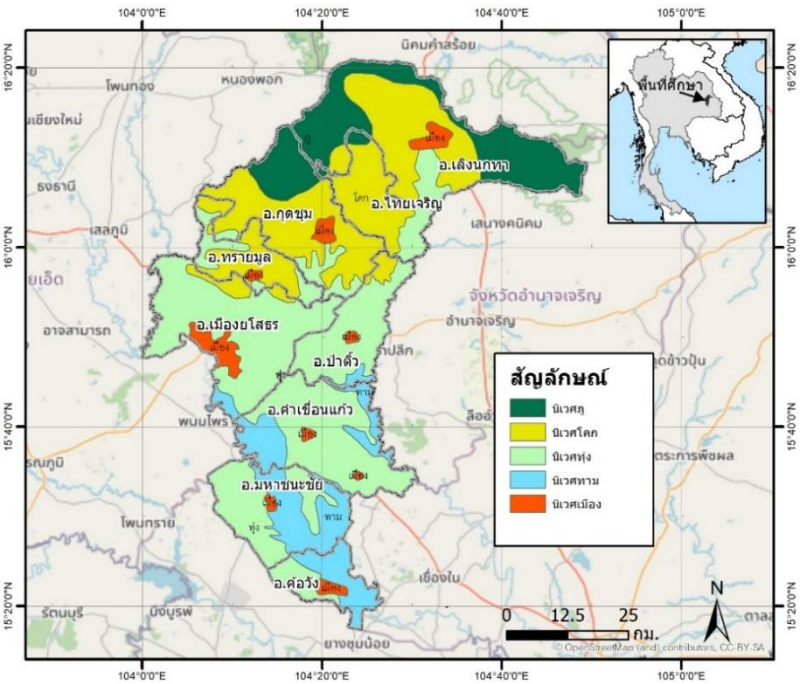
1.1.2 ภูมินิเวศโคก ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ดอน ลูกคลื่นลอนลาดสูงต่ำจนถึงเนินเชิงเขามีระดับความสูงอยู่ในช่วง 150 - 180 ม.รทก. ซึ่งพื้นที่ภูมินิเวศโคกมักจะขาดแคลนแหล่งน้ำ ไม่มีปัญหาน้ำท่วมขัง กิจกรรมการใช้ที่ดินในพื้นที่ภูมินิเวศนี้ มักเป็นการเกษตรเป็นหลัก เช่นการทำนาดอน หรือเพาะปลูกพืช เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ยางพารา เป็นต้น นอกจากนี้ในพื้นที่ภูมินิเวศโคกยังมีพื้นที่ป่าไม้ประกอบอยู่ด้วย โดยส่วนใหญ่เป็นป่าเต็งรัง

1.1.3 ภูมินิเวศทุ่ง ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของภูมินิเวศนี้จะเป็นที่ราบและมีขนาดกว้างใหญ่ มีระดับความสูงอยู่ในช่วง 125 -150 ม.รทก. พื้นที่นิเวศทุ่งจะมีแหล่งน้ำจำนวนมาก เช่น หนอง ห้วย กุดน้ำขัง เป็นต้น กิจกรรมการใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวเป็นหลัก ตลอดจนการใช้เป็นพื้นที่เลี้ยงสัตว์

1.1.4 ภูมินิเวศทาม ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands) ในพื้นที่ลุ่มต่ำมีระดับความสูงไม่เกิน 125 ม.รทก. เป็นพื้นที่ที่มีการเกิดภัยพิบัติน้ำท่วมบ่อยครั้ง หรือเป็นพื้นที่รับน้ำเมื่อเกิดน้ำท่วม ลักษณะเด่นของพื้นที่ภูมินิเวศทาม คือ อยู่ใกล้แม่น้ำสายหลัก และมีบึง หรือ กุด (Oxbow lake) แทรกสลับ

1.1.5 ภูมินิเวศเมือง ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ซึ่งมีอาคารสิ่งปลูกสร้าง บ้านที่อยู่อาศัยอยู่รวมกันขนาดใหญ่ มีประชาชนอยู่อาศัยอย่างหนาแน่นประชากรส่วนใหญ่ ประกอบอาชีพนอกภาคการเกษตร เช่น ด้านการค้าขาย กิจการด้านธุรการ สำนักงาน อุตสาหกรรม หาบเร่ แผงลอย รับจ้างทั่วไป หรือแรงงานรายวัน

1.2 ผลการจำแนกขอบเขตภูมินิเวศ ตามนิยามลักษณะภูมินิเวศของพื้นที่จังหวัดยโสธรที่กำหนดขึ้นสามารถ นำสู่การวิเคราะห์เพื่อจำแนกขอบเขตพื้นที่ทั้ง 5 ภูมินิเวศนำแสดงได้ดังภาพ 3 และตาราง 1



ภาพ 3 ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อประกอบการจำแนกภูมินิเวศ

ตาราง 1 แสดงขนาดและสัดส่วนพื้นที่จากการจำแนกภูมินิเวศ จังหวัดยโสธร

นิเวศ	พื้นที่ (ตร.กม.)	สัดส่วน(ร้อยละ)
นิเวศภู	582.87	14.24
นิเวศโคก	1,156.09	28.23
นิเวศทุ่ง	1,730.27	42.26
นิเวศทาม	482.71	11.79
นิเวศเมือง	142.68	3.48
รวม	**4,094.62**	**100.00**

จากภาพ 3 และตาราง 1 ที่แสดงให้เห็นถึงผลการจำแนกลักษณะภูมินิเวศและขนาดพื้นที่เพื่อประกอบการศึกษาและนิยามความหมายความจน ในการแก้ไขปัญหาคนจนได้เหมาะสมกับพื้นที่จังหวัดยโสธร ซึ่งมีลักษณะภูมินิเวศที่แตกต่างกัน โดยสามารถอธิบายตามลำดับความสูงภูมิประเทศตามลำดับได้ ดังนี้

1.2.1 ภูมินิเวศภู พบในพื้นที่ทางตอนเหนือของจังหวัด ในเขตอำเภอเลิงนกทา อำเภอไทยเจริญ และอำเภอกุดชุม มีขนาดพื้นที่ 582.87 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 14.24 ของพื้นที่จังหวัด บริเวณดังกล่าวนี้มีลักษณะภูมิประเทศแบบเขาโดด ลูกคลื่นภูเขา และลักษณะของเทือกเขา ซึ่งติดต่อกับเทือกเขาภูพาน และเขาโดดที่สำคัญ ได้แก่ ภูพริกน้อย ภูผักหวาน กิจกรรมการใช้ที่ดินในพื้นที่ภูมินิเวศภูส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ กิจกรรมการเกษตรที่สำคัญได้แก่ การปลูกไม้ยืนต้น เช่น ยางพารา ไม้ผล และการปลูกพืชไร่ เป็นหลัก

1.2.2 ภูมินิเวศโคก พบในพื้นที่ตอนบนและตอนกลางของจังหวัด เช่นเดียวกับนิเวศภู ทั้งนี้ภูมินิเวศโคกจะเป็นพื้นที่ต่อเนื่องกับนิเวศภูในบริเวณอำเภอเลิงนกทา อำเภอไทยเจริญ อำเภอกุดชุม อำเภทรายมูล และบางส่วนของอำเภอเมือง มีขนาดพื้นที่ 1,156.09 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 28.23 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด ลักษณะภูมิประเทศของภูมินิเวศโคกนี้ จะเป็นพื้นที่เนิน “ลอนคลื่น” สูงต่ำไม่สม่ำเสมอ การใช้ประโยชน์พื้นที่มีทั้งนาข้าว พืชไร่ และมักจะมีป่าแซมอยู่ ชาวบ้านเรียกว่า “ป่าโคก” เป็นป่าเต็งรัง ลักษณะเด่นของดินโคก คือ ไม่อุ้มน้ำ มีแหล่งน้ำเล็กน้อย บริเวณต่ำสุดของโคกในฤดูฝนจะมีแหล่งน้ำที่เรียกว่า “น้ำซับ” หรือ “น้ำคำ”ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของร่องน้ำ ลำธาร นอกจากนี้พื้นที่ภูมินิเวศโคก ในช่วงฤดูแล้ง หรือช่วงภาวะฝนทิ้งช่วงจะเกิดภาวะดินแห้งและแห้งแล้งอย่างรวดเร็ว

1.2.3 ภูมินิเวศทุ่ง เป็นลักษณะภูมินิเวศที่มีพื้นที่มากที่สุดของจังหวัดยโสธร พบในพื้นที่ตอนกลางและตอนล่างของจังหวัดในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอคำเขื่อนแก้ว อำเภอมหาชนะชัย อำเภอป่าติ้ว มีขนาดพื้นที่ 1,730.27 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 42.26 ของพื้นที่จังหวัด พื้นที่ที่ดังกล่าวเป็นที่ราบ หรือราบลุ่มขนาดกว้างใหญ่ และมีแหล่งน้ำในลักษณะหนอง ห้วย กุดน้ำขัง กุดน้ำแห้ง กุดน้ำลึก ฮ่อง ฯลฯ กิจกรรมการใช้ที่ดินในภูมินิเวศทุ่งเหมาะสำหรับการปลูกข้าวในช่วงฤดูฝน ขณะเดียวกันในฤดูแล้งพื้นที่ดังกล่าวจะถูกใช้เป็นพื้นที่เลี้ยงสัตว์ในทุ่ง และการปลูกพืชผักต่าง ๆ

1.2.4 ภูมินิเวศทาม ส่วนใหญ่พบในพื้นที่ตอนกลางและด้านใต้ของจังหวัดในบริเวณที่เป็นทางไหลผ่านของแม่น้ำสายหลักขนาดใหญ่ คือ แม่น้ำชี ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมือง อำเภอคำเขื่อนแก้ว อำเภอมหาชนะชัย และอำเภอค้อวัง ภูมินิเวศทามในจังหวัดยโสธร มีขนาดพื้นที่ 482.71 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 11.79 ของพื้นที่จังหวัด พื้นที่ดังกล่าวนี้มีลักษณะเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands) เรียกว่า “ป่าทาม” โดยในช่วงฤดูฝนมีน้ำจะขึ้นมาท่วม

เป็นประจำจึงกลายเป็นพื้นที่รับน้ำเมื่อยามน้ำท่วม ส่วนลักษณะเด่นของพื้นที่ทามคือ มี “บึง” หรือ “กุด” แทรกสลับ พื้นที่ทามให้ประโยชน์ด้านการหาปลา หรือมีป่าโนนทามและป่าดอนทามเป็นพื้นที่สูงขึ้นมา แต่น้ำไม่สามารถท่วมขังได้และกระจายตัวอยู่โดยรอบ กลายเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ป่าในช่วงฤดูน้ำหลาก

1.2.5 ภูมินิเวศเมือง เป็นพื้นที่ภูมินิเวศพิเศษที่มีพื้นที่ขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับภูมินิเวศแบบอื่น ๆ แต่ภูมินิเวศเมืองเป็นพื้นที่ซึ่งมีประชาชนอยู่อาศัยอย่างหนาแน่น มีความหลากหลายในการประกอบอาชีพ และส่วนใหญ่ไม่ได้ประกอบอาชีพทางการเกษตร ด้านการค้าขาย กิจการด้านสำนักงาน อุตสาหกรรม หาบเร่แผงลอย รับจ้างทั่วไป หรือแรงงานรายวัน ในจังหวัดยโสธรพบพื้นที่ภูมินิเวศเมืองในบริเวณพื้นที่เทศบาลเมืองยโสธรเป็นหลัก และพบว่ากระจายตัวอยู่ตามชุมชนเมืองหลักของแต่ละอำเภอ คิดเป็นพื้นที่ 142.68 ตารางกิโลเมตร หรือเพียงร้อยละ 3.48 ของพื้นที่จังหวัดเท่านั้น

1.3 การวิเคราะห์การกระจายตัวของคนยากจนในแต่ละลักษณะภูมินิเวศ ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของคนยากจนในแต่ละลักษณะภูมินิเวศในจังหวัดยโสธร โดยการนำข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของครัวเรือนคนยากจนที่ได้จากการสำรวจ มาซ้อนทับ (Overlay) กับข้อมูลการจำแนกลักษณะภูมินิเวศ และขอบเขตการปกครอง สามารถแสดงผลการกระจายตัวได้ดังตาราง 2 ซึ่งพบว่าการกระจายตัวครัวเรือนยากจนพบมากที่สุดในภูมินิเวศทุ่ง จำนวน 1,918 ครัวเรือน และรองลงมาคือภูมินิเวศโคก จำนวน 1,643 ครัวเรือน โดยที่ภูมินิเวศทามพบครัวเรือนยากจนน้อยที่สุด คือ 413 ครัวเรือน และเมื่อพิจารณาตามขอบเขตอำเภอ พบว่าอำเภอเลิงนกทามีจำนวนครัวเรือนคนยากจนมากที่สุด จำนวน 1,364 ครัวเรือน และพบครัวเรือนยากจนน้อยที่สุดคืออำเภอทรายมูล จำนวน 132 ครัวเรือน

ตาราง 2 แสดงการกระจายตัวของคนยากจนในแต่ละลักษณะภูมินิเวศระดับอำเภอ (ครัวเรือน)

อำเภอ	ภูมินิเวศภู	ภูมินิเวศโคก	ภูมินิเวศทุ่ง	ภูมินิเวศทาม	ภูมินิเวศเมือง	รวม
กุดชุม	143	506	98	-	24	771
ค้อวัง	-	-	-	172	32	204
คำเขื่อนแก้ว	-	-	498	136	68	702
ทรายมูล	-	59	59	-	14	132
ไทยเจริญ	71	403	75	-	-	549
ป่าติ้ว	-	-	241	-	30	271
มหาชนะชัย	-	-	176	98	5	279
เมืองยโสธร	-	19	512	7	231	769
เลิงนกทา	266	656	259	-	183	1,364
รวม	**480**	**1,643**	**1,918**	**413**	**587**	**5,041**
สัดส่วนร้อยละ	**9.52**	**32.59**	**38.05**	**8.19**	**11.65**	**100.00**

2. การจัดกลุ่มครัวเรือนยากจนตามบริบททางพื้นที่และเปรียบเทียบกับลักษณะทางภูมินิเวศ

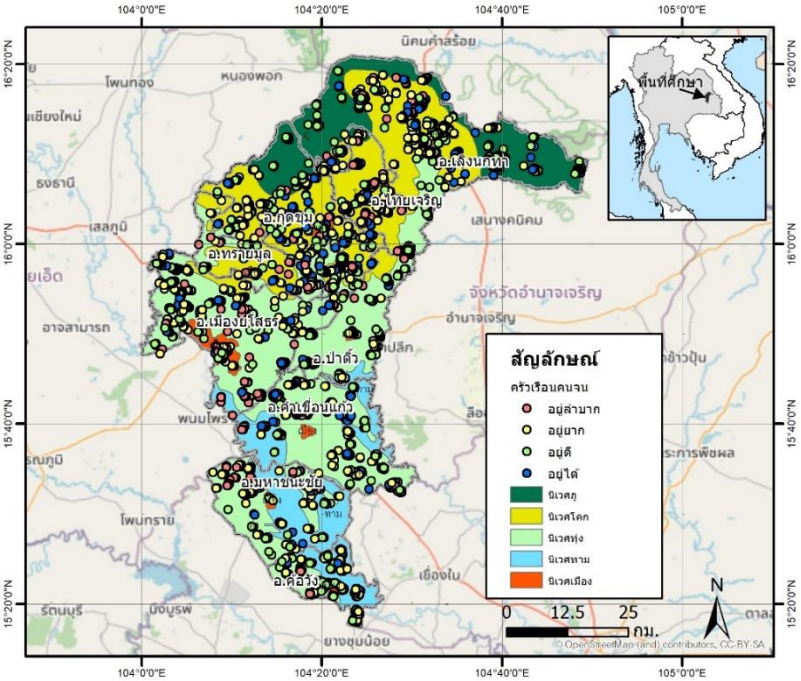
2.1 การวิเคราะห์จัดกลุ่มครัวเรือนยากจนตามบริบทความยากจนขอพื้นที่จังหวัดยโสธร โครงการวิจัยได้กำหนดการจัดกลุ่มเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มอยู่ลำบาก กลุ่มอยู่ยาก กลุ่มอยู่ได้ และกลุ่มอยู่ดี เพื่อนำสู่การวิเคราะห์

ทางเลือกการพัฒนา และการวิเคราะห์โมเดลเพื่อการแก้ไขปัญหาความยากจนจังหวัดยโสธร ตัวแปรและเงื่อนไขการจำแนกกลุ่มครัวเรือนเป้าหมายทั้ง 4 กลุ่ม อาศัยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลครัวเรือนยากจนในปี 2563 และปี 2564 ร่วมกับการประชุมกลุ่มแบบมีส่วนร่วมที่มีองค์ประกอบการประชุมคือ นักวิชาการ ปราชญ์ชาวบ้าน ภาคประชาสังคม ผู้นำชุมชน และคณะนักวิจัย ร่วมกันวิเคราะห์ สรุปตัวแปรและเงื่อนไขในการกรองข้อมูลเพื่อจัดกลุ่มครัวเรือนยากจน จังหวัดยโสธร ทั้ง 4 กลุ่มได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงตัวแปรและเงื่อนไขการจัดกลุ่มครัวเรือนคนจนในบริบทจังหวัดยโสธรด้วยวิธีกรองข้อมูล

กลุ่มครัวเรือนคนยากจน	ตัวแปร	ข้อมูลและเงื่อนไขการกรอง
1. กลุ่มอยู่ลำบาก (พึ่งพิง)	ด้านสุขภาพ (กลุ่มไม่สามารถช่วยตนเองไม่ได้)	- ผู้ป่วยติดเตียง/พิการพึ่งตัวเองไม่ได้
	ด้านรายได้ (กลุ่มรายรับไม่พอขั้นต่ำดำเนินชีวิต)	- สัดส่วนภาวะพึ่งพิงคนว่างงาน (สมาชิกว่างงาน 80-100%) - รายรับรวมจากทุกแหล่งหักค่าใช้จ่ายเหลือไม่เกิน 2,579 บาท/เดือน (เส้นความยากจนยโสธร)
2. กลุ่มอยู่ยาก	ด้านที่อยู่อาศัย (กลุ่มไม่มีบ้าน) ด้านรายได้ (รายได้ต่ำ)	- ไม่มีบ้านเป็นของตน - รายรับรวมจากทุกแหล่งหักค่าใช้จ่ายเหลือไม่เกิน 9,000 บาท คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินชีวิต (300 บาท/วัน) ขั้นต่ำในการดำรงชีพ
	ด้านรายได้ (กลุ่มรายได้ไม่พอต่อภาระรับผิดชอบ) ด้านที่ทำกิน (กลุ่มไม่มีที่ทำกิน)	- รายรับรวมจากทุกแหล่งหักค่าใช้จ่ายเหลือน้อยกว่ารายจ่ายรวม - มีที่ดินที่ทำกินน้อยกว่า 10 ไร่
3. กลุ่มอยู่ได้	ด้านการออม (กลุ่มที่พอมีเงินออมบ้างไว้ลงทุนหรือใช้จ่ายเวลาฉุกเฉิน) ด้านที่ทำกิน (กลุ่มพอมีที่ทำกิน)	- การมีเงินออม คำนวณจากรายรับมากกว่ารายจ่าย (มีเงินออมไม่เกิน 2,000 บ.) - มีที่ดินพอต่อการประกอบอาชีพ 10-20 ไร่
4. กลุ่มอยู่ดี	กลุ่มครัวเรือนอยู่ดี	- กลุ่มครัวเรือนที่หลุดผ่านการคัดกรองเงื่อนไขตาม กลุ่มที่ 1-3 เป็นกลุ่มที่มีสุขภาพดี มีบ้านและที่ดินเป็นของตนเอง มีงานทำ มีรายได้และเงินเก็บเพียงพอต่อการดำเนินชีวิต

2.2 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ตำแหน่งกลุ่มครัวเรือนคนจนกับลักษณะทางภูมินิเวศด้วยเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) ภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถแสดงการกระจายตัวของที่ตั้งครัวเรือนคนจนในแต่ละภูมินิเวศได้ดังภาพ 4 และสัดส่วนจำนวนครัวเรือนคนยากจนทั้ง 4 กลุ่มตามลักษณะภูมินิเวศได้ตาราง 4



ภาพ 4 การกระจายตัวของครัวเรือนยากจนในแต่ละลักษณะภูมินิเวศ

ตาราง 4 แสดงการกระจายตัวของกลุ่มครัวเรือนคนจนจำแนกตามภูมินิเวศ (ครัวเรือน)

กลุ่มครัวเรือนคนจน	นิเวศภู	นิเวศโคก	นิเวศทุ่ง	นิเวศทาม	นิเวศเมือง	รวม
กลุ่มอยู่ลำบาก	30	164	249	57	124	**624**
กลุ่มอยู่ยาก	120	493	796	168	190	**1,767**
กลุ่มอยู่ได้	90	299	338	66	45	**838**
กลุ่มอยู่ดี	240	687	535	122	228	**1,812**
รวม	**480**	**1,643**	**1,918**	**413**	**587**	**5,041**
ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	**582.87**	**1,156.09**	**1,730.27**	**482.71**	**142.68**	**4,094.62**
สัดส่วนครัวเรือนต่อพื้นที่	**0.82**	**1.42**	**1.11**	**0.86**	**4.11**	**1.23**

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประยุกต์ใช้สารสนเทศเชิงพื้นที่ในการจำแนกและกำหนดขอบเขตลักษณะภูมินิเวศ และการจัดกลุ่มครัวเรือนยากจนตามบริบททางพื้นที่และเปรียบเทียบกับลักษณะทางภูมินิเวศเพื่อสนับสนุนการออกแบบแนวทางแก้ไขปัญหาความยากจนที่เหมาะสมกับพื้นที่จังหวัดยโสธร ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการบูรณาการสารสนเทศเชิงพื้นที่ และข้อมูลทางภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์และจำแนกขอบเขตลักษณะภูมินิเวศที่ชัดเจนเป็นรูปธรรม ซึ่งถือเป็นจุดแข็งที่สอดคล้องกับแนวโน้มการพัฒนาเชิงพื้นที่ (Area-based development) ในการสนับสนุนการทำงานเชิงพื้นที่เพื่อแก้ไขปัญหาความยากจน และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จินตนา อมรสงวนสิน (2550) ที่ได้เสนอการประยุกต์ใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประกอบการตัดสินใจ การใช้แสดงผลเชิงพื้นที่ของปัญหาการพัฒนาตามลักษณะ

ทางภูมิศาสตร์ (Scotta & Rajabifard, 2017) เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การจัดการทรัพยากรน้ำ การวางผังเมือง การเข้าถึงบริการสุขภาพ ความยากจน เป็นต้น และสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือและการยอมรับข้อมูลโดยอาศัยกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง (Stakeholders) ในการระดมความคิดเห็นจากนักวิชาการ ปราชญ์ชุมชน และผู้นำท้องถิ่น สอดคล้องกับหลักการ Participatory GIS (PGIS) ที่เน้นการใช้ความรู้ท้องถิ่น (Hemwan, 2015) ช่วยเพิ่มความถูกต้องของนิยามลักษณะภูมินิเวศ ตลอดจนการร่วมกันกำหนดเกณฑ์ในการจัดกลุ่มความยากจน ตามบริบททางพื้นที่และเปรียบเทียบกับลักษณะทางภูมินิเวศทั้ง 5 ประเภท ได้แก่ ภู โคก ทุ่ง ทาม และเมือง ช่วยให้การทำความเข้าใจความแตกต่างของบริบทเชิงพื้นที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และเอื้อต่อการออกแบบแนวทางแก้ไขปัญหาที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละพื้นที่เขตโซนพื้นที่ (Chambers & Conway, 1992) โดยเฉพาะการซ้อนทับข้อมูล (สทอภ., 2552) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของครัวเรือนยากจนทั้ง 4 กลุ่มคือ อยู่ลำบาก อยู่ยาก อยู่ได้ และอยู่ดี กับลักษณะทางนิเวศ ดังเช่น พื้นที่ภูมินิเวศเมือง ที่มีพื้นที่ขนาดเล็กสุด แต่กลับมีอัตราส่วนครัวเรือนคนจนต่อพื้นที่มากที่สุดถึง 4.11 ครัวเรือนต่อตารางกิโลเมตร สาเหตุอาจเนื่องมาจากเมืองมักเป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจและการบริการ จึงดึงดูดแรงงานและผู้คนจากชนบทเข้ามา แต่แรงงานส่วนใหญ่ทำงานนอกระบบ รายได้ไม่มั่นคง การขาดแคลนที่อยู่อาศัย ที่ทำกิน ปัญหาความเหลื่อมล้ำทางสังคมและรายได้ และขาดสวัสดิการ (วรรโณบล ควรอาจ และผกามาศ ถิ่นพังงา, ม.ป.ป.) ทำให้แม้จะอยู่ในพื้นที่ที่มีโอกาสทางเศรษฐกิจสูงแต่กลับมีสัดส่วนความยากจนหนาแน่นกว่าภูมินิเวศอื่น หรือในพื้นที่ภูมินิเวศโคกซึ่งมีลักษณะภูมินิเวศเป็นพื้นที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำ หรือแหล่งน้ำชุมชน ลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่มีความลาดเอียงทำให้มีการระบายน้ำได้เร็ว และมักประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในภาคการเกษตรเป็นประจำ (ก้องภพ ชาอามาตย์ และคนอื่น ๆ, 2564)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

โดยสรุปงานวิจัยนี้เป็นตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเชิงพื้นที่ ที่มีความโดดเด่นในการวิเคราะห์และแสดงผลเชิงพื้นที่สู่การบูรณาการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods) ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการจำแนกและกำหนดขอบเขตลักษณะภูมินิเวศในพื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์จัดกลุ่มครัวเรือนยากจนตามบริบททางพื้นที่และเปรียบเทียบกับลักษณะทางภูมินิเวศเพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาความยากจนเชิงพื้นที่ได้อย่างเป็นรูปธรรม

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผลการศึกษาทั้งการนิยามลักษณะภูมินิเวศ และการจำแนกขอบเขตภูมินิเวศ และฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จากงานวิจัย สามารถนำมาสู่การกำหนดเป้าหมายและออกแบบขั้นตอน แผนงานโครงการปฏิบัติการแก้ไขปัญหาความยากจนได้ตรงจุดแม่นยำทั้งเชิงพื้นที่

2. การจำแนกกลุ่มประเภทระดับความยากจน สามารถนำสู่การออกแบบการส่งต่อความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาได้ตรงตามกลุ่มเป้าหมาย เช่น กลุ่มอยู่ลำบากที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้อาจต้องเริ่มต้นช่วยเหลือด้วยการตรวจสอบการเข้าถึงสวัสดิการ การสงเคราะห์จากหน่วยงานภาครัฐ เช่น สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัด หรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ที่ดูแลบัตรสวัสดิการแห่งรัฐ เบี้ยยังชีพผู้สูงอายุ เบี้ยยังชีพผู้พิการ ขณะเดียวกันกลุ่มอยู่ได้ อยู่ดี ที่สามารถดูแลตนเองได้ สามารถออกแบบส่งต่อความช่วยเหลือกับสำนักงานพัฒนาชุมชน สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน ในด้านการพัฒนาทักษะอาชีพ และการสร้างอาชีพ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ด้านการวิจัยและพัฒนาเชิงพื้นที่ การต่อยอดแนวทางการนำข้อมูลเชิงพื้นที่ทางภูมินิเวศที่ได้ไปใช้ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาความยากจน เช่น ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม ปัจจัยเชิงพฤติกรรมของครัวเรือนในแต่ละลักษณะภูมินิเวศ

2. การขยายผลการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเชิงพื้นที่ในการบูรณาการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods) เพื่อศึกษาวิจัยปรากฏการณ์ทางสังคมที่หลากหลายมิติมากขึ้น เช่น การอพยพแรงงาน กลุ่มเปราะบางทางสังคม การจัดสวัสดิการชุมชน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

ก้องภพ ชาอามาตย์, ครรชิต สิงห์สุข, อาจศึก มามีกุล, กิตติวัฒน์ จีบแก้ว, และศักดิ์ดา แสนสุพรรณ. (2564). *รูปแบบบริหารจัดการน้ำบนภูมินิเวศ โคก ราบ ลุ่ม สำหรับกลุ่มปลูกข้าวอินทรีย์ ตำบลนางัว อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม.* สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

จินตนา อมรสงวนสิน. (2550). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน [GIS for sustainable development]. *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน*, *3*(2), 220-252. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JEM/article/view/31993.

นำชัย กฤษณาสกุล, ศิริศักดิ์ เอื้อสามาลย์, มนตรี หิตายะ, วสันต์ สุวรรณ์เนตร, และทนงศักดิ์ สายชารี. (2564). *การวิจัยเพื่อพัฒนาพื้นที่เพื่อแก้ไขปัญหาความยากจนแบบเบ็ดเสร็จและแม่นยำในพื้นที่จังหวัดยโสธร*. สถาบันวิทยาลัยชุมชน.

มนัส สุวรรณ. (2549). ชนบทกับปัญหาความยากจน: มุมมองเชิงนิเวศวิทยามนุษย์. *วารสารราชบัณฑิตยสถาน, 31*(4), 1137-1149.

แมน ปุโรทกานนท์. (2566). แนวคิดและงานวิจัยเชิงปฏิบัติการแก้ไขปัญหา ความยากจนบนฐานทุนดำรงชีพและศักยภาพ. ใน กิตติ สัจจาวัฒนา (บก.) *สู้ชนะความจน บนฐานพลังความรู้ พลังภาค* (น.68-83). หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.).

วรรโณบล ควรอาจ และผกามาศ ถิ่นพังงา. (ม.ป.ป.). *กระบวนการกลายเป็นเมืองในประเทศไทย.* สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2552). *ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์*. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). *ดัชนีความก้าวหน้าของคนประจำปี 2562*. สำนักงานฯ.

Chambers, R., & Conway, G. (1992). *Sustainable rural livelihoods: Practical concepts for the 21st century*. IDS Discussion Paper 296.

Hemwan, P. (2015). An appropriate guideline for participatory GIS: A result from the experience of joint management of protected area project in Thailand. *Applied Environmental Research*, *37*(2), 17-31. https://doi.org/10.35762/AER.2015.37.2.2

Scotta, G., & Rajabifard, A. (2017). Sustainable development and geospatial information: A strategic framework for integrating a global policy agenda into national geospatial capabilities. *Geo-spatial information science*, *20*(2), 59–76. https://doi.org/10.1080/10095020.2017.1325594

Suich, H., Howe, C., & Mace, G. (2015). Ecosystem services and poverty alleviation: A review of the empirical links. *Ecosystem Services*, *12*(5), 137-147. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.02.005

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

ผลของการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก และระดับความเข้มขนของเลือกในสตรีตั้งครรภ์ที่รับบริการจากโรงพยาบาลเชียงดาว

วันที่รับ: 7 กันยายน 2568
วันที่แก้ไข: 26 พฤศจิกายน 2568
วันที่ตอบรับ: 27 พฤศจิกายน 2568

วนัทปรียา ใจติขะ
โรงพยาบาลเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
*Corresponding author e-mail: wanutpreeya.2002@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุบัติการณ์ภาวะโลหิตจาง และเปรียบเทียบพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก และระดับฮีมาโตคริต ในสตรีตั้งครรภ์ผู้รับบริการที่โรงพยาบาลเชียงดาว เป็นการวิจัยกึ่งทดลองแบบหนึ่งกลุ่มวัดก่อนและหลัง กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ สตรีตั้งครรภ์ที่มารับบริการที่โรงพยาบาลเชียงดาวที่มีระดับฮีมาโตคริตของเลือด มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 33 และมีอายุครรภ์ก่อนเริ่มดำเนินการวิจัยน้อยกว่า 16 สัปดาห์ ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายและมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 15 คน ศึกษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ใช้ค่าสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน และสถิติทดสอบ *Wilcoxon signed-rank test* และ *Paired t-test* ผลการวิจัยพบ อุบัติการณ์ของภาวะโลหิตจางใหม่ในหญิงตั้งครรภ์คิดเป็นร้อยละ 13.33 (95% CI = 1.7– 40.5) คะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารหลังเข้าร่วมการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 และสัปดาห์ที่ 20 สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Z = 3.420, p = .001) ทั้งสองช่วงเวลา ความสม่ำเสมอในการรับประทานยาหลังการเข้าร่วมการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 4, 12, 16 และ 20 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Z = 2.014, p = .044; Z = 2.014, p = .044; Z = 2.060, p = .039; Z = 2.060, p = .039) ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 8 พบแนวโน้มคะแนนสูงขึ้นแต่ไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Z = 1.890, p = .059) และระดับฮีมาโตคริตหลังการทดลองไม่แตกต่างจากก่อนการทดลอง (t = 1.11, p = .282) ทั้งนี้ การสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านระบบการติดตามสุขภาพทางไกลเป็นแนวทางที่ช่วยเสริมสร้างศักยภาพของสตรีตั้งครรภ์ในการดูแลตนเองเพื่อป้องกันภาวะโลหิตจางได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูปแบบการดูแลดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการให้บริการแก่สตรีตั้งครรภ์ในสถานบริการสุขภาพได้อย่างเหมาะสม และเนื่องจากภาวะโลหิตจางในสตรีตั้งครรภ์เป็นหนึ่งในตัวชี้วัดสำคัญของคุณภาพบริการของโรงพยาบาลชุมชน แนวทางดังกล่าวจึงสามารถสนับสนุนการกำหนดนโยบายและการพัฒนาคุณภาพขององค์กรได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: การดูแลสุขภาพทางไกล, การสนับสนุนการจัดการตนเอง, ภาวะโลหิตจางในสตรีตั้งครรภ์

THE EFFECTS OF SELF-MANAGEMENT SUPPORT VIA TELEHEALTH ON FOOD CONSUMPTION BEHAVIOR, IRON SUPPLEMENT ADHERENCE, AND HEMATOCRIT LEVEL IN PREGNANCIES WHO RECEIVE SERVICES IN CHIANG DAO HOSPITAL

Received: September 7, 2025
Revised: November 26, 2025
Accepted: November 27, 2025

Wanatpriya Jaitika
Chiangdao Hospital, Chiangmai, Thailand
*Corresponding author e-mail: wanutpreeya.2002@gmail.com

Abstract

The objectives of this study were to investigate the incidences of anemia during pregnancy and to compare food consumption behavior, iron supplement adherence, and hematocrit levels before and after the intervention. This research was a quasi-experimental one-group study adopting a pretest–posttest design. The participants were 15 pregnant women attending antenatal care at Chiang Dao Hospital who had hematocrit levels of ≥33% and a gestational age (GA) of <16 weeks. Participants were selected using simple random sampling and were followed for a period of 20 weeks. Data were analyzed with computer programs using descriptive statistics, the *Wilcoxon signed-rank test*, and *Paired t – test*. The results showed that anemia occurred in 13.33% of the pregnancies during the study period (95% CI = 1.7– 40.5). The median scores of food consumption behavior at weeks 12 and 20 were significantly higher than before the intervention (Z = 3.420, p = .001) for both points in time. The median scores Iron supplement adherence increased progressively after the intervention, with significant differences observed at weeks 4, 12, 16, and 20 (Z = 2.014, p = .044; Z = 2.014, p = .044; Z = 2.060, p = .039; and Z = 2.060, p= .039, respectively). Although an improvement was observed at week 8, it was not statistically significant (p > .05). Furthermore, the mean scores of hematocrit levels showed no statistically significant difference (t = 1.11, p = .282). It was suggested that self-management support through telehealth could enhance pregnant women's self-care capacity and serve as an alternative approach for anemia prevention during pregnancy.

Keywords: Telehealth, Self-management support, Anemia in pregnancy

บทนำ

โรคโลหิตจางเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญของประเทศไทยและทั่วโลก โดยเฉพาะในสตรีตั้งครรภ์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งมารดาและทารก เช่น การคลอดก่อนกำหนดในช่วงไตรมาสแรก น้ำหนักแรกเกิดต่ำ และการเสียชีวิตของมารดา (World Health Organization [WHO], 2025) ภาวะโลหิตจาง (Anemia) เกิดขึ้นได้บ่อยในสตรีตั้งครรภ์ โดยสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการขาดธาตุเหล็ก (จรินทร์ทิพย์ สมประเสริฐ และจีรพรรณ โพธิ์สุวัฒนากุล, 2565) องค์การสูตินรีแพทย์อเมริกัน (American College of Obstetricians and Gynecologists, 2021) กำหนดให้สตรีตั้งครรภ์ที่มีระดับฮีโมโกลบินต่ำกว่า 10.5 g/dl หรือฮีมาโตคริตต่ำกว่าร้อยละ 33 ถือว่ามีภาวะโลหิตจาง โดยมีอุบัติการณ์ทั่วโลกเฉลี่ยร้อยละ 37 และพบสูงถึงร้อยละ 56 ในประเทศกำลังพัฒนา (Verma & Roy, 2024) ในประเทศไทยพบอัตราความชุกของภาวะโลหิตจางในสตรีตั้งครรภ์ร้อยละ 36.7 (Mangkalard et al., 2022) และในเขตสุขภาพที่ 1 พบร้อยละ 12.65 (กระทรวงสาธารณสุข, 2566) ซึ่งยังสูงกว่าเกณฑ์เป้าหมายที่กรมอนามัยตั้งไว้ให้ลดเหลือร้อยละ 10 ภายในปี 2570 (กรมอนามัย, 2566) ภาวะโลหิตจางสามารถป้องกันได้ด้วยการบริโภคอาหารที่เหมาะสม การเสริมธาตุเหล็กและกรดโฟลิก รวมถึงการปรับพฤติกรรมสุขภาพด้านโภชนาการตามแนวทางขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2017) การศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าการให้ความรู้ การส่งเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพ และการใช้แนวคิดการจัดการตนเอง (Self-management) ในการส่งเสริมสนับสนุนความรู้และพฤติกรรมการดูแลตนเอง รวมทั้งการให้คำแนะนำ การให้คำปรึกษากับสตรีที่ตั้งครรภ์ เพื่อให้เกิดการจัดการตนเองในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสม โดยเน้นพฤติกรรมการดูแลตนเองที่ต้องปฏิบัติในด้านโภชนาการ การใช้ยาเสริมธาตุเหล็กอย่างสม่ำเสมอในระหว่างตั้งครรภ์ ช่วยให้สตรีตั้งครรภ์มีพฤติกรรมสุขภาพที่ดีขึ้น และระดับฮีมาโตคริตเพิ่มขึ้น (จิตตระการ ศุกร์ดี และภูษิตา ครุธดิลกานนท์, 2563; ศรัณยา ลาโมะ และคนอื่น ๆ, 2564; สาริศา สืบจากดี และรุจิพัชญ์ เพ็ชร์สินเดชากุล, 2567) อย่างไรก็ตาม การดำเนินการในสถานบริการหลายแห่งยังขาดความต่อเนื่องในการติดตามและให้คำแนะนำหลังการให้ความรู้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กและการปรับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อป้องกันภาวะโลหิตจางระหว่างการตั้งครรภ์

ข้อมูลของโรงพยาบาลเชียงดาว ปี 2565–2567 พบภาวะโลหิตจางในหญิงตั้งครรภ์ที่มาฝากครรภ์ครั้งแรกเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง ร้อยละ 18.85, 20.77 และ 20.85 ตามลำดับ (โรงพยาบาลเชียงดาว, 2568) ซึ่งสะท้อนว่ามาตรการเดิมยังไม่เพียงพอต่อการป้องกันภาวะโลหิตจาง จากการวิเคราะห์สถานการณ์พบว่าบริบทของพื้นที่เชียงดาวเป็นพื้นที่สูง การเดินทางของหญิงตั้งครรภ์มารับบริการฝากครรภ์มีข้อจำกัด การติดตามต่อเนื่องทำได้ยาก ส่งผลให้การปฏิบัติตามคำแนะนำไม่ครบถ้วนไม่ต่อเนื่อง จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การดูแลสุขภาพทางไกล (Telehealth) ได้รับการผลักดันเป็นนโยบายและมีแนวทางการปฏิบัติที่ชัดเจนจากองค์การอนามัยโลก เพื่อส่งเสริมการเข้าถึงบริการสุขภาพ ลดช่องว่างด้านการให้บริการ และรักษาความต่อเนื่องของการดูแล โดยเฉพาะหลังการระบาดของ COVID-19 ที่เร่งให้เกิดการนำระบบดูแลทางไกลมาใช้ในวงกว้าง และมีงานวิจัยที่ชี้ถึงประโยชน์ในช่วงตั้งครรภ์ เช่น การปรับรูปแบบบริการบริการฝากครรภ์และการติดตามผลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในหลายบริบท (Atkinson et al., 2023; WHO, 2022) การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการสังเคราะห์งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าแอปพลิเคชันบนมือถือและการส่งข้อความ (mHealth) สามารถเพิ่มการมารับบริการฝากครรภ์และการปฏิบัติตามคำแนะนำทางสุขภาพได้ในบริบทประเทศที่มีทรัพยากรจำกัด (Mishra et al., 2023) แต่ผลต่อดัชนีผลลัพธ์บางประการยังขึ้นกับบริบทและรูปแบบการประยุกต์ใช้

ที่เหมาะสม (Knop et al., 2024) ในบริบทพื้นที่ที่เป็นภูเขาเช่นอำเภอเชียงดาวที่การเดินทางมารับบริการคลินิกฝากครรภ์มีข้อจำกัด การใช้ LINE ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่ผู้ใช้ท้องถิ่นคุ้นเคยและเข้าถึงได้ง่าย จึงเป็นทางเลือกเชิงปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการติดตาม กระตุ้นเตือน และให้คำแนะนำด้านโภชนาการและสนับสนุนการใช้ยาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้มีงานวิจัยหลายงานพบว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์ เช่น Application LINE ช่วยให้หญิงตั้งครรภ์เข้าถึงข้อมูลสุขภาพได้สะดวกและต่อเนื่องมากขึ้น เพิ่มความร่วมมือในการดูแลตนเอง และลดอัตราการขาดยาได้อย่างมีนัยสำคัญ (Kim & Park, 2023; Setyowati et al., 2022)

ดังนั้น ผู้วิจัยในบทบาทของพยาบาลคลินิกฝากครรภ์ โรงพยาบาลเชียงดาว จึงนำแนวคิดการจัดการตนเองของ Kanfer and Gaelick-Bays (1991) มาประยุกต์ร่วมกับการดูแลสุขภาพทางไกลผ่าน Application LINE เพื่อส่งเสริมให้หญิงตั้งครรภ์สามารถจัดการตนเองได้ดีขึ้นในด้านพฤติกรรมการบริโภคอาหาร และความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก การใช้สื่อออนไลน์ดังกล่าวเหมาะสมกับบริบทพื้นที่สูงที่การเดินทางเข้ารับบริการเป็นไปได้ยาก ช่วยให้เกิดการติดตามอย่างต่อเนื่อง เพิ่มประสิทธิภาพในการดูแล และเป็นแนวทางใหม่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นต้นแบบของโปรแกรมดูแลหญิงตั้งครรภ์ในชนบทไทยในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาอุบัติการณ์ภาวะโลหิตจางในสตรีตั้งครรภ์ที่ได้รับการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกลในช่วงที่ศึกษา

2. เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ความสม่ำเสมอของการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กในการป้องกันภาวะโลหิตจาง และระดับฮีมาโตคริต (Hematocrit) ในสตรีตั้งครรภ์ที่รับบริการที่โรงพยาบาลเชียงดาวก่อนและหลังการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล

สมมติฐานการวิจัย

1. ภายหลังได้รับการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล สตรีตั้งครรภ์มีค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพิ่มขึ้น

2. ภายหลังได้รับการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล สตรีตั้งครรภ์มีค่าเฉลี่ยของร้อยละความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น

3. ภายหลังได้รับการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล สตรีตั้งครรภ์มีค่าเฉลี่ยของระดับฮีมาโตคริตเพิ่มขึ้น

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น

การสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล

1. แนวคิดการดูแลสุขภาพทางไกล ผ่าน Application LINE เพื่อสนับสนุนให้ความรู้ คำแนะนำ การติดตาม กระตุ้นเตือน การดูแลตนเองที่บ้าน หรือการสื่อสารเมื่อมีปัญหาของการดูแลตนเองต่อเนื่องที่บ้าน ประกอบด้วย

1.1 การสนับสนุนความรู้ที่จำเป็นในขณะตั้งครรภ์

1.2 ความรู้ในการปฏิบัติและการจัดการตนเองเพื่อป้องภาวะโลหิตจาง

1.3 การทบทวนความรู้และแนวปฏิบัติในการจัดการตนเองเป็นระยะ ๆ

1.4 ผู้วิจัยทำการติดตามอย่างต่อเนื่อง คอยกระตุ้นเตือน รับฟังและให้คำแนะนำ เมื่อมีปัญหาของการดูแลตนเองที่บ้าน

2. การประยุกต์ใช้แนวคิดการจัดการตนเองของ Kanfer และ Gaelick-Bays ประกอบด้วย

2.1 การติดตามตนเอง (Self - monitoring) ในเรื่องการรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กสูงและการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก

3.2 การประเมินพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง (Self – evaluation) ในเรื่อง ความเพียงพอในการรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กสูงในแต่ละวัน และความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยปรับปรุงทำซ้ำใหม่เมื่อประเมินตนเองแล้วยังทำตามเป้าหมายไม่ได้

3.3 การเสริมแรงตนเอง (Self-reinforcement) เมื่อผู้เข้าร่วมสามารถทำตามเป้าหมายได้ ผู้วิจัยชื่นชมเมื่อทำได้ดีให้กำลังใจ และให้คำแนะนำเพิ่มเติมเมื่อยังทำไม่ถึงเป้าหมาย

ตัวแปรตาม

1. อุบัติการณ์ภาวะโลหิตจางในกลุ่มตัวอย่างในช่วงที่ศึกษา
2. พฤติกรรมการบริโภคอาหาร
3. ความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก
4. ระดับฮีมาโตค

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) แบบหนึ่งกลุ่มวัดก่อนและหลัง (One group pre-test and post-test design) ดำเนินการศึกษาใน เดือนกุมภาพันธ์ 2568 ถึง เดือนสิงหาคม 2568

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ สตรีตั้งครรภ์ที่มารับบริการที่โรงพยาบาลเชียงดาว มีระดับฮีมาโตคริตมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 33 และมีอายุครรภ์ก่อนเริ่มดำเนินการวิจัยน้อยกว่า 16 สัปดาห์ ในช่วงที่ทำการศึกษาปี 2568 จำนวน 50 คน (โรงพยาบาลเชียงดาว, 2568)

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ คือ สตรีตั้งครรภ์ที่มารับบริการที่โรงพยาบาลเชียงดาว ที่มีระดับฮีมาโตคริตมากกว่าหรือเท่ากับ ร้อยละ 33 และมีอายุครรภ์ก่อนเริ่มดำเนินการวิจัยน้อยกว่า 16 สัปดาห์ ปกติการวินิจฉัยภาวะโลหิตจางจะใช้ทั้งค่าฮีโมโกลบิน (Hb) และ ค่าฮีมาโตคริต (Hct) ซึ่งทั้งสองค่าจะมีความสัมพันธ์กัน โดยฮีมาโตคริตจะมีค่าประมาณ 3 เท่าของ Hb (Hct = Hb x 3) ซึ่งการตรวจฮีมาโตคริต มีความสะดวกในการใช้งาน ทำได้ง่าย ราคาถูกและรวดเร็ว ทำให้เป็นทางเลือกที่ใช้ในการคัดกรองภาคสนาม มีการศึกษาวิจัยระบุว่า การใช้ค่า Hct ที่ต่ำกว่าเกณฑ์สามารถเป็นตัวบ่งชี้ที่ยอมรับได้สำหรับการประเมินผู้ป่วยโลหิตจางได้เช่นกันโดยเฉพาะเมื่อเทียบกับ Hb ซึ่งมีความสอดคล้องกัน การประมาณค่าความสัมพันธ์นี้ทำให้สามารถใช้ค่าหนึ่งประเมินอีกค่าหนึ่งได้ในการคัดกรองเบื้องต้น (Brunken et al, 2016; Insiripong et al, 2013) ด้วยเหตุผลดังกล่าว ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระดับฮีมาโตคริตเป็นเกณฑ์ ในการดูความผิดปกติของภาวะโลหิตจางเบื้องต้นในระหว่างการตั้งครรภ์ การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) และมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยกำหนด

กลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้าร่วมการศึกษาครั้งนี้ จำนวน 15 ราย การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) อ้างอิงจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาถึง ผลของโปรแกรมการให้ความรู้เรื่องภาวะโลหิตจางร่วมกับการสนับสนุนจากครอบครัวแบบออนไลน์ต่อการรับรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง พฤติกรรมการรับประทานอาหารและยาเสริมธาตุเหล็กของสตรีตั้งครรภ์วัยรุ่นในโรงพยาบาลชุมชน (มุก อิงคประเสริฐ และสมสกุล นีละสมิต, 2567) โดยใช้โปรแกรม n4 studies ในการคำนวณ (Bernard, 2000; Ngamjarus & Chongsuvivatwong, 2014) ได้กลุ่มตัวอย่าง 9 คน เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มความเพียงพอ (Power) ในการตรวจจับความแตกต่าง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้นจะช่วยเพิ่มอำนาจการทดสอบ (Statistical power) ของการวิจัยทำให้มีโอกาสมากขึ้นที่จะตรวจพบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติในผลการวิจัย และเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือ การใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ช่วยให้ผลการวิจัยมีความแม่นยำมากขึ้น และเพิ่มความเชื่อมั่นในข้อสรุปที่ได้จากงานวิจัย ผู้วิจัยได้เพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างอีก 6 คน (ปรีดี นุกุลสมปรารถนา, 2564; Cohen, 1988) ดังนั้น จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างรวม จำนวน 15 คน

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

1) สตรีตั้งครรภ์ที่มารับบริการที่โรงพยาบาลเชียงดาวมีระดับฮีมาโตคริตของเลือดมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 33 และมีอายุครรภ์ก่อนเริ่มดำเนินการวิจัยน้อยกว่า 16 สัปดาห์

2) ไม่มีปัญหาสุขภาพที่ส่งผลต่อการวิจัย ได้แก่ ความบกพร่องทางการได้ยิน ปัญหาสุขภาพจิตที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ โรคธาลัสซีเมีย

3) มีโทรศัพท์เคลื่อนที่ และสามารถใช้ Application LINE โต้ตอบในการสื่อสารได้

4) สตรีตั้งครรภ์/ผู้ดูแล สามารถสื่อสารเข้าใจในภาษาไทย

5) เข้าร่วมโครงการวิจัยด้วยความสมัครใจ

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1) สตรีตั้งครรภ์ที่มีโรคธาลัสซีเมีย

2) มีความบกพร่องทางการได้ยิน และมีปัญหาสุขภาพจิตที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์

การยุติการเข้าร่วมการวิจัย (Termination criteria)

1) เมื่อเข้าร่วมในกิจกรรม ได้บางส่วนแล้วผู้เข้าร่วมวิจัยมีความไม่สะดวกสบายเกิดขึ้น ต้องการหยุดและบอกเลิกการเข้าร่วมกิจกรรม หรือปฏิเสธการให้ข้อมูล

2) มีการแท้งบุตร (Abortion) ต้องยุติการตั้งครรภ์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป จำนวนครั้งการตั้งครรภ์ อายุครรภ์ ประวัติการแท้งบุตร

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามพฤติกรรมการบริโภคอาหารในการป้องกันภาวะโลหิตจาง เป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับการปฏิบัติตัวเป็นแบบมาตรวัดลิเกิร์ตสเกล (Likert scale) แบ่งเป็น 3 ระดับ ไม่เคยปฏิบัติเลย ปฏิบัติบางครั้ง และปฏิบัติบ่อยครั้ง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ ข้อคำถามเชิงบวก ไม่เคยปฏิบัติเลยได้คะแนน 1 ปฏิบัติบางครั้งได้คะแนน 2 ปฏิบัติบ่อยครั้งได้คะแนน 3 และข้อคำถามเชิงลบ ไม่เคยปฏิบัติเลยได้คะแนน 3 ปฏิบัติบางครั้งได้คะแนน 2 ปฏิบัติบ่อยครั้งได้คะแนน 1

ส่วนที่ 3 แบบประเมินความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ 2 วิธี คือ การประเมินจากการสัมภาษณ์ผู้ป่วยผ่านการติดตามสุขภาพทางไกลมีจำนวนข้อคำถาม 2 ข้อ ได้แก่ 1) จำนวนครั้งของการขาดยาในรอบ 1 เดือน และ 2) เหตุผลของการขาดการรับประทานยา การพิจารณา

ความสม่ำเสมอของการใช้เกณฑ์การประเมินความสม่ำเสมอของรมย์ธีรา ศรีใส และคนอื่น ๆ (Srisai et al., 2021) ความสม่ำเสมอในการรับประทานยาใน 1 เดือน เท่ากับจำนวนครั้งที่รับประทานยาจริงในรอบหนึ่งเดือน x 100/ จำนวนครั้งที่ต้องรับประทานยาตามแผนการรักษาในรอบหนึ่งเดือน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 คลิปวิดีโอความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจางในสตรีมีครรภ์ แต่ละคลิปความยาว 3-5 นาที ได้แก่ ความหมาย สาเหตุ อาการ ผลกระทบต่อมารดาและบุตรการป้องกัน การรักษา (กรมอนามัย, 2565)

2.2.2 คลิปวิดีโอแนวทางการปฏิบัติในการจัดการตนเองของสตรีมีครรภ์ แต่ละคลิปความยาว 3-5 นาที ได้แก่ คลิปแนะนำแหล่งอาหารและรายการอาหารที่มีธาตุเหล็กสูง วิธีการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กที่ถูกต้องเหมาะสมระดับเป้าหมายของฮีมาโตคริต การมาฝากครรภ์ตามนัด (กรมอนามัย, 2564; โรงพยาบาลรามาธิบดี. คณะแพทย์ศาสตร์, 2560) และได้ทำการตัดต่อเนื้อหาให้กระชับ และเหมาะสมกับเวลาในการทบทวนความรู้ทาง Application LINE

2.2.3 สมาร์ทโฟนหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ และ Application LINE ในการสื่อสารให้ความรู้ การสนับสนุนการจัดการตนเอง การติดตาม การให้คำปรึกษาเมื่อสตรีที่มีครรภ์ต้องการคำแนะนำ ในการป้องกันภาวะโลหิตจาง

2.2.4 แบบบันทึกการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการติดตามกระตุ้นเตือนและประเมินการรับประทานยาด้วยตนเองของสตรีตั้งครรภ์ โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยบันทึกเวลาการรับประทานยาในแต่ละมื้อทุกวัน รวมทั้งเหตุผลในการขาดยา หรือการรับประทานยาไม่ตรงเวลาและวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิด

2.2.5 โปรแกรมการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่าน Application LINE ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย แนวคิดการดูแลสุขภาพทางไกลขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2022) และแนวคิดจัดการตนเองของ Kanfer and Gaelick-Bays (1991) นำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินกิจกรรมสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกลในสตรีตั้งครรภ์ที่เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้

3. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

3.1 ตรวจสอบค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา (Content validity index: CVI) ผู้วิจัยนำเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย สูตินรีแพทย์ พยาบาลวิชาชีพชำนาญการพิเศษ และพยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในคลินิกฝากครรภ์ หลังจากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยได้ค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาเท่ากับ 1

3.2 ผู้วิจัยนำเครื่องมือไปทดลองใช้ (Try out) ได้แก่ แบบสอบถามพฤติกรรมการบริโภคอาหารในการป้องกันภาวะโลหิตจางในสตรีมีครรภ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างแล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ครอนบาค (Conbrach’ s alpha coefficient: α) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.75

4. วิธีดำเนินการวิจัย /การรวบรวมข้อมูล

เมื่อผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยดังนี้

4.1 นักวิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัยตามเอกสารชี้แจงสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัยและลงชื่อไว้เป็นหลักฐานในหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย

4.2 จัดกิจกรรมตามโปรแกรมการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่าน Application LINE โดยการส่งเสริมความรู้เพื่อนำไปใช้ในการสนับสนุนการจัดการตนเองเพื่อป้องกันภาวะโลหิตจาง รายละเอียดตาม Study flowchart ดังนี้

สัปดาห์ที่ 1

กิจกรรมที่ 1 : การให้ความรู้เบื้องต้นและทำการทบทวนซ้ำโดยใช้คลิป VDO / e-learning ผ่าน Application LINE เกี่ยวกับโรคภาวะโลหิตจางในสตรีมีครรภ์ ได้แก่ ความหมายภาวะโลหิตจาง สาเหตุ ผลกระทบของภาวะโลหิตจาง ความสำคัญของการป้องกันและการจัดการ

กิจกรรมที่ 2 : การให้ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติตนเพื่อป้องกันโลหิตจาง ใช้คลิป VDO ผ่าน Application LINE ได้แก่ การรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กสูง การเสริมธาตุเหล็กและกรดโฟลิกและการปฏิบัติตัวลดความเสี่ยง

ทั้งสองกิจกรรมทบทวนความรู้ซ้ำ (สัปดาห์ที่ 2–20) โดยส่งคลิป VDO และสื่อความรู้ ทุก 2 สัปดาห์ (รวม 8 ครั้ง) เปิดโอกาสถาม-ตอบ ข้อสงสัยผ่าน Application LINE

⇩

สัปดาห์ที่ 1–20

กิจกรรมที่ 3: การปฏิบัติการจัดการตนเอง (สัปดาห์ที่ 1–20) ติดตามพฤติกรรม 3 ด้าน

- การจัดการตนเองด้านโภชนาการ รับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็ก รับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก/โฟลิก สม่ำเสมอ ส่งแบบบันทึกการรับประทานยาทุกเดือนผ่าน Application LINE
- การดูแลสุขภาพตนเอง ในการมาฝากครรภ์ตามนัด การตรวจสุขภาพตามคำแนะนำ.
- การเสริมแรงตนเอง (Self-reinforcement)

นักวิจัยให้คำแนะนำ กำลังใจ และกระตุ้นเมื่อทำได้/ไม่ได้ ผ่าน Application LINE

⇩

สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 20

- เก็บรวบรวมข้อมูลผลการวิจัย
- วิเคราะห์ข้อมูล (n=15)
- สรุปผล

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามโปรแกรมฯ 20 สัปดาห์ โดยการออกแบบเวลาในการทดลอง ได้ปรับให้สอดคล้องกับการให้บริการของคลินิกฝากครรภ์ที่มีแนวทางการดำเนินงานตามเกณฑ์ของกระทรวงสาธารณสุข และไม่เป็นการเพิ่มภาระให้กับ ผู้ให้บริการ ผู้เข้าร่วมการวิจัย รวมทั้งให้การดำเนินงานวิจัยสามารถประเมินผลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้ ดังนี้ 1) เกณฑ์ของกระทรวงที่ให้ตรวจระดับ Hct ครั้งที่ 2 ในช่วง สัปดาห์ที่ 30 – 32 2) ลดภาระค่าใช้จ่ายของหน่วยงานจากการเจาะเลือดหลายครั้ง 3) ลดภาระของผู้เข้าร่วมการวิจัยในการเดินทางมาเจาะเลือด และลดการเจ็บตัวหลายครั้งของผู้เข้าร่วมจากการเจาะเลือดซ้ำซ้อนนอกเหนือจากการบริการปกติของหน่วยงาน และมีวิธีการติดตามและจัดการ Drop-out เพื่อรักษาคุณภาพของข้อมูล

โดยผู้วิจัยเป็น ติดตาม และกระตุ้นเตือน ผู้ข้าร่วมเป็นระยะ ๆ โดย ผ่าน Application LINE สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดการศึกษาในสัปดาห์ที่ 1 – 20

4.3.1 ก่อนเริ่มการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล ตามแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามพฤติกรรมการบริโภคอาหารในการป้องกันภาวะโลหิตจาง แบบประเมินความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก และระดับฮีมาโตคริต

4.3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลตามแบบสอบถามพฤติกรรมการบริโภคอาหารในการป้องกันภาวะโลหิตจาง ก่อน ระหว่างการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 และสิ้นการทดลองในสัปดาห์ที่ 20

4.3.3 เก็บรวบรวมข้อมูลตามแบบประเมินความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก ก่อน ระหว่างการทดลองในสัปดาห์ ที่ 4, 8, 12, 16 และสิ้นการทดลองในสัปดาห์ที่ 20

4.3.4 เก็บข้อมูลระดับฮีมาโตคริต ก่อนและสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 20 ข้อมูลอุบัติการณ์การเกิดภาวะโลหิตจางในกลุ่มตัวอย่าง สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 20

4.3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อติดตามความสม่ำเสมอในการรับประทานยาในแบบบันทึกการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยบันทึกเวลาการรับประทานยาในแต่ละมื้อทุกวัน รวมทั้งเหตุผลในการขาดยาและส่งแบบบันทึกทางไลน์ทุกเดือนเพื่อประเมินการปฏิบัติของผู้เข้าร่วม

5. การพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การวิจัยครั้งนี้ผ่านการรับรองพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย โรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ เอกสารรับรองเลขที่ NKP No 009/68 วันที่รับรอง 23 มกราคม 2568

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R version 4.5.1 for Windows โดย

6.1 ข้อมูลทั่วไป อธิบายโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และช่วงพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range: IQR)

6.2 อุบัติการณ์ภาวะโลหิตจาง อธิบายโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ และคำนวณช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% CI) ของสัดส่วนโดยใช้วิธี Clopper–pearson exact binomial ซึ่งเหมาะสมกับการประมาณสัดส่วนในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n < 30$) เพื่อให้ได้ค่าช่วงความเชื่อมั่นแบบ Exact ผ่านฟังก์ชัน qbeta () ในโปรแกรม R ดังสมการ (1) และ (2)

$$\text{Lower bound} = \text{qbeta}\left(\frac{\alpha}{2}, x, n - x + 1\right) \quad (1)$$

$$\text{Upper bound} = \text{qbeta}\left(1 - \frac{\alpha}{2}, x + 1, n - x\right) \quad (2)$$

โดยที่ x = จำนวนผู้มีภาวะโลหิตจาง

n = ขนาดตัวอย่าง

α = 0.05 สำหรับช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6.3 สถิติอนุมาน (Inferential statistics)

6.3.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหาร และค่าเฉลี่ยคะแนนความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก จากผลการตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูล (Normality test) จากค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ จึงเลือกใช้สถิติแบบไม่อิงพารามิเตอร์ (Non-parametric) โดยใช้ Wilcoxon signed-rank test เพื่อเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมการสนับสนุนการจัดการตนเอง กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ .05 และปรับค่าความมีนัยสำคัญของสถิติ (p-value) ด้วย Bonferroni correction เพื่อควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I error)

6.3.2 ระดับฮีมาโตคริต (Hematocrit: Hct) ข้อมูลมีการแจกแจงใกล้เคียงปกติ (Approximately normal distribution) ใช้สถิติ Paired t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังได้รับโปรแกรมฯ

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มสตรีที่ตั้งครรภ์ที่ได้รับการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล

พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 24.40 (5.11) ปี ส่วนใหญ่ ร้อยละ 66.67 ไม่มีทะเบียนสมรส ร้อยละ 93.33 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา/ปวช. ร้อยละ 40 ประกอบอาชีพแม่บ้าน ร้อยละ 46.66 ตั้งครรภ์ครั้งแรก ร้อยละ 86.67 ไม่เคยมีประวัติการแท้งบุตร ร้อยละ 66.67 สามีพามาฝากครรภ์ และอายุครรภ์เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 13.90 (2.27) สัปดาห์

2. อุบัติการณ์ภาวะโลหิตจางของสตรีตั้งครรภ์ที่ได้รับการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกลในช่วงที่ศึกษา

พบว่าอุบัติการณ์ของภาวะโลหิตจาง ในหญิงตั้งครรภ์ที่เริ่มต้นด้วยระดับฮีมาโตคริตปกติ (Hct มากกว่าหรือเท่ากับ ร้อยละ 33) คิดเป็นร้อยละ 13.33 (95% CI = 1.7–40.5) และหญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่ ร้อยละ 86.67 (95% CI = 59.5 - 98.3) มีระดับฮีมาโตคริตอยู่ในเกณฑ์ปกติหลังสิ้นสุดระยะเวลาการติดตาม 20 สัปดาห์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 อุบัติการณ์ภาวะโลหิตจางในสตรีตั้งครรภ์ในช่วงที่ศึกษา (n=15)

สตรีตั้งครรภ์ที่ได้รับการสนับสนุนฯ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	95% CI[a]
ภาวะโลหิตจาง	2	13.33	1.7 - 40.5
ปกติ	13	86.67	59.5-98.3

หมายเหตุ: [a]คำนวณช่วงความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Clopper–Pearson exact binomial โดยใช้ฟังก์ชัน qbeta () ในโปรแกรม R

3. เปรียบเทียบค่ามัธยฐานของคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารในสตรีที่ตั้งครรภ์ก่อนและหลังการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล

เปรียบเทียบค่ามัธยฐานของคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารในสามช่วงเวลา ได้แก่ ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 และสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 20 พบว่าค่ามัธยฐานของคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารก่อน และหลังการได้รับโปรแกรมสนับสนุนฯ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

(Z = 3.420, p = .001 ทั้งสองช่วงเวลา) โดยมีค่า Median และช่วงพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range: IQR) ในสัปดาห์ที่ 12 และสัปดาห์ที่ 20 เท่ากับ Median =26.00, IQR = 0.50 และ Median = 26.00, IQR = 0.00 ตามลำดับ ดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่ามัธยฐานของคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารในสตรีที่ตั้งครรภ์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองในสัปดาห์ที่ 12 และสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ ที่ 20 (n=15)

การประเมิน	Median (IQR)	Z	p-value[a]
ก่อนการทดลอง	21.00 (2.00)		
ก่อนการใช้โปรแกรมฯ+เข้าร่วมโปรแกรมฯ ในสัปดาห์ ที่ 12	26.00 (0.50)	3.420	.001*
ก่อนการใช้โปรแกรมฯ+สิ้นสุดโปรแกรม ในสัปดาห์ ที่ 20	26.00 (0.00)	3.420	.001*

หมายเหตุ: [a]Wilcoxon Signed-Rank Test, * p-value < .05

4. เปรียบเทียบค่ามัธยฐานของร้อยละความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กของสตรีที่ตั้งครรภ์ก่อนและหลังการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล

เปรียบเทียบค่ามัธยฐานของร้อยละความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กของสตรีที่ตั้งครรภ์ทั้งช่วงเวลา ได้แก่ ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองในสัปดาห์ที่ 4, 8, 12, 16 และ สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 20 พบว่าค่ามัธยฐานของร้อยละความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กของสตรีที่ตั้งครรภ์เพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 และคงที่ตลอดระยะเวลาการศึกษา (Median = 100, IQR = 0) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในบางช่วงเวลา ได้ แก่ ในสัปดาห์ที่ 4, 12, 16 และ สิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 20 (Z = 2.014, 2.014, 2.060 และ 2.060 ตามลำดับ) และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 8 (Z = 1.890, p = .059) ดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่ามัธยฐานของร้อยละความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กของสตรีที่ตั้งครรภ์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองในสัปดาห์ที่ 4, 8, 12, 16 และสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 20 (n=15)

การประเมิน	Median (IQR)	Z	p-value [a]
ก่อนการทดลอง	100.00 (4.17)		
ก่อนการใช้โปรแกรมฯ+เข้าร่วมโปรแกรมฯ ในสัปดาห์ที่ 4	100.00 (0.00)	2.014	.044*
ก่อนการใช้โปรแกรมฯ+เข้าร่วมโปรแกรมฯ ในสัปดาห์ที่ 8	100.00 (0.00)	1.890	.059
ก่อนการใช้โปรแกรมฯ+เข้าร่วมโปรแกรมฯ ในสัปดาห์ที่ 12	100.00 (0.00)	2.014	.044*
ก่อนการใช้โปรแกรมฯ+เข้าร่วมโปรแกรมฯ ในสัปดาห์ที่ 16	100.00 (0.00)	2.060	.039*
ก่อนการใช้โปรแกรมฯ+สิ้นสุดโปรแกรม ในสัปดาห์ที่ 20	100.00 (0.00)	2.060	.039*

หมายเหตุ: [a]Wilcoxon Signed-Rank Test, * p-value < .05

5. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับฮีมาโตคริตในสตรีที่ตั้งครรภ์ก่อนและหลังการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล

ระดับฮีมาโตคริตในสตรีที่ตั้งครรภ์ที่รับบริการที่โรงพยาบาลเชียงดาวก่อนและหลังได้รับการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .282) โดยภายหลังการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงระดับฮีมาโตคริตเพิ่มขึ้น 6 ราย คิดเป็นร้อยละ 40 และมีระดับฮีมาโตคริตลดลง 9 ราย คิดเป็นร้อยละ 60 ดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับฮีมาโตคริตในสตรีที่ตั้งครรภ์ก่อนและหลังการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงระดับ Hct หลังการทดลอง		ระดับฮีมาโตคริต ในสตรีที่ตั้งครรภ์ $\bar{x}$(S.D.)		*t*	*p*-value [a]
เพิ่มขึ้นจำนวน (ร้อยละ)	ลดลงจำนวน (ร้อยละ)	ก่อนการทดลอง (n=15)	หลังการทดลอง (n=15)		
6 (40)	9 (60)	38.01 (2.53)	37.08 (2.80)	1.11	0.282

หมายเหตุ: [a]Paired -samples *t* -test, * *p*-value < 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าอุบัติการณ์ของภาวะโลหิตจางใหม่ในหญิงตั้งครรภ์เท่ากับร้อยละ 13.33 (95% CI = 1.7– 40.5) คะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารและการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละช่วงเวลาหลังได้รับการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล ซึ่งสามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ และสมมติฐานการวิจัย ได้ดังนี้

ผลการศึกษาพบว่ามีหญิงตั้งครรภ์ 2 ราย (ร้อยละ13.33) ที่เกิดภาวะโลหิตจางหลังการเข้าร่วมโปรแกรมสนับสนุนฯ อธิบายได้ว่า การเกิดอุบัติการณ์ภาวะโลหิตจางยังคงเกิดขึ้นได้แม้มีการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านระบบติดตามสุขภาพทางไกล ปัจจัยที่อาจมีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ ความแตกต่างของภาวะโภชนาการพื้นฐาน การดูดซึมธาตุเหล็ก การตอบสนองต่อยา หรือความไม่สม่ำเสมอในการปฏิบัติตามคำแนะนำในบางราย รวมถึงปัจจัยรบกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ และการเกิดอุบัติการณ์ในการศึกษานี้ยังพบสูงกว่าเป้าหมายของกรมอนามัยที่กำหนดเกณฑ์เป้าหมายให้หญิงตั้งครรภ์มีภาวะโลหิตจางลดลงร้อยละ 1 ต่อปี จากปีงบประมาณ 2566 น้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 14 จนถึงน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 ในปี 2570 สะท้อนได้ว่าการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกลอาจยังไม่เพียงพอในการป้องกันภาวะโลหิตจางทั้งหมดในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ จำเป็นต้องมีการเสริมมาตรการสนับสนุนอื่น เช่น การติดตามทางห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง การให้คำปรึกษาเชิงโภชนาการแบบรายบุคคลแบบเข้มข้น และการมีส่วนร่วมของครอบครัว อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบหญิงตั้งครรภ์ร้อยละ 86.67 สามารถคงระดับฮีมาโตคริตให้อยู่ในเกณฑ์ปกติได้ อธิบายได้ว่ากระบวนการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกลมีศักยภาพในระดับหนึ่งในการช่วยให้เกิดการตระหนักรู้และการเฝ้าติดตามตนเองอย่างต่อเนื่อง ตามแนวคิดการจัดการตนเองของ Kanfer and Gaelick-Bays (1991) ชี้ให้เห็นว่าการปรับพฤติกรรมสุขภาพจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการการรับรู้ การกำหนดเป้าหมาย การเฝ้าติดตามตนเอง และการเสริมแรงทางบวก และเมื่อมีการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการตนเองได้

ในระยะยาว เช่นเดียวกับการศึกษาของ Mangkalard et al. (2022) ที่ระบุว่าการให้คำแนะนำด้านโภชนาการและการเสริมธาตุเหล็กอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ระยะแรกของการตั้งครรภ์สามารถช่วยลดอุบัติการณ์ภาวะโลหิตจางได้อย่างมีนัยสำคัญ และยังสอดคล้องกับแนวทางของ องค์การอนามัยโลก (WHO, 2023) ที่เน้นให้หญิงตั้งครรภ์ได้รับธาตุเหล็กเสริมอย่างสม่ำเสมอตลอดการตั้งครรภ์ ในการศึกษาครั้งนี้ผลที่ได้ยังไม่อาจสรุปเชิงสาเหตุระหว่างโปรแกรมฯ กับการลดอุบัติการณ์ภาวะโลหิตจางได้อย่างชัดเจน จำเป็นต้องมีการศึกษาติดตามแบบมีกลุ่มเปรียบเทียบในอนาคตเพื่อยืนยันประสิทธิผลของโปรแกรมนี้ต่อไป

ค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหาร และร้อยละของความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังได้รับการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านการติดตามสุขภาพทางไกล ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการตนเองของ Kanfer and Gaelick-Bays (1991) อธิบายไว้ว่าการจัดการตนเองเป็นกระบวนการที่บุคคลมีบทบาทสำคัญในการเฝ้าติดตามพฤติกรรมของตนเอง (Self-monitoring) การประเมินผลการปฏิบัติด้วยตนเอง (Self-evaluation) และการให้รางวัลหรือเสริมแรงทางบวก (Self-reinforcement) เพื่อคงพฤติกรรมที่เหมาะสมไว้ และการใช้แนวคิดแนวคิดการจัดการตนเองร่วมกับแนวคิดการดูแลสุขภาพทางไกลในการใช้เทคโนโลยีสื่อสารผ่าน Application LINE ซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการติดตาม กระตุ้นเตือน ที่ช่วยให้หญิงตั้งครรภ์สามารถรับรู้สถานะสุขภาพของตนเองและปรับพฤติกรรมให้สอดคล้องกับคำแนะนำได้อย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้เกิดพฤติกรรมการบริโภคอาหารและการรับประทานยาอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของศรัณยา ลาโมะ และคนอื่น ๆ (2564) ซึ่งพบว่าการส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอาหารและการใช้ยาเสริมธาตุเหล็กในหญิงตั้งครรภ์วัยรุ่นส่งผลให้พฤติกรรมการดูแลตนเองดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการสอนโรงเรียนพ่อแม่จิตประภัสสรตั้งแต่นอนอยู่ในครรภ์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์หญิงตั้งครรภ์ที่พบว่าหญิงตั้งครรภ์มีความรู้ในการปฏิบัติตัวเพิ่มขึ้น (ประภาภรณ์ เพชรมาก และวิชุดา ศรีวรสาร, 2566; สุรางรัตน์ โฆษิตธนสาร และคนอื่น ๆ, 2564) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับหลายการศึกษาที่พบว่าการให้ความรู้เรื่องภาวะโลหิตจางร่วมกับการสนับสนุนจากครอบครัวแบบออนไลน์หญิงตั้งครรภ์วัยรุ่นมีความรู้เรื่องการดูแลตนเอง พฤติกรรมการรับประทานอาหารที่เหมาะสม และพฤติกรรมการดูแลตนเองในภาพรวมเพิ่มขึ้น (พันธุ์ทิพย์ ภักดีพัฒนาทร และประยูร ภักดีพัฒนาทร, 2567; มุก อิงคประเสริฐ และสมสกูล นีละสมิต, 2567) และพบว่าการใช้ Mobile health applications และ Telehealth support ช่วยเพิ่มการปฏิบัติตามการนัดหมายฝากครรภ์ การรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก และพฤติกรรมโภชนาการในหญิงตั้งครรภ์ โดยเฉพาะเมื่อใช้แพลตฟอร์มที่ผู้ใช้คุ้นเคย เช่น LINE หรือ WhatsApp ทำให้เกิดการสื่อสารที่ต่อเนื่องและสร้างแรงจูงใจได้ดียิ่งขึ้น (Kim and Park, 2023; Rahman et al., 2022) อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Alam et al. (2020) พบว่าแม้ mHealth จะช่วยให้หญิงตั้งครรภ์เข้าถึงบริการได้ แต่ผลต่อการปรับพฤติกรรมและผลลัพธ์สุขภาพยังแตกต่างตามระดับการเข้าถึงข้อความ และไม่ได้รับประกันว่า mHealth เพียงอย่างเดียวจะเพียงพอเสมอไป ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตในงานวิจัยครั้งนี้ว่าความต่อเนื่องของการติดตามและการมีส่วนร่วมของหญิงตั้งครรภ์ในการทำกิจกรรมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ค่าเฉลี่ยของฮีมาโตคริตของหญิงตั้งครรภ์หลังการเข้าร่วมโปรแกรมการส่งเสริมการจัดการตนเองผ่านระบบติดตามสุขภาพทางไกลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง อธิบายได้ว่า แม้ว่าจะพบการปรับตัวของพฤติกรรมการบริโภคอาหารและความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในการศึกษาครั้งนี้พบความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กของหญิงตั้งครรภ์เริ่มมีความเสถียรและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ สัปดาห์ที่ 12 เป็นต้นไป ซึ่งเป็นระยะเวลาค่อนข้างสั้น (12–20

สัปดาห์) อาจจะยังไม่เพียงพอให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางระดับฮีมาโตคริตอย่างชัดเจน เนื่องจากกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดงใหม่ (Erythropoiesis) ต้องอาศัยเวลาหลังจากได้รับธาตุเหล็กอย่างสม่ำเสมอ จึงจะส่งผลให้ระดับฮีมาโตคริตเปลี่ยนแปลงได้ (WHO, 2023) สอดคล้องกับการศึกษาของ Verma and Roy (2024) ที่ได้ทำ Global review เกี่ยวกับอุบัติการณ์และการจัดการภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กในระหว่างตั้งครรภ์ ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงในค่าฮีมาโตคริตอาจยังไม่ปรากฏชัดเจนในช่วงเวลาเดียวกัน เนื่องจากการสะสมธาตุเหล็กในร่างกายต้องใช้ระยะเวลาต่อเนื่องจึงจะส่งผลต่อระดับเม็ดเลือดแดงได้อย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านระบบติดตามสุขภาพทางไกลมีประสิทธิผลในด้านการส่งเสริมพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันภาวะโลหิตจาง แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่ามีผลโดยตรงต่อการป้องกันภาวะโลหิตจาง จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมแบบมีกลุ่มเปรียบเทียบ การติดตามในระยะยาว และการควบคุมปัจจัยกวนเพื่อยืนยันประสิทธิผลของโปรแกรมอย่างชัดเจน

ข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้ แม้ว่าผลการวิจัยจะแสดงให้เห็นแนวโน้มที่ชัดเจนของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านการบริโภคอาหารและความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กหลังได้รับโปรแกรม แต่ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อย (n = 15) อาจส่งผลต่อความเชื่อมั่นทางสถิติ (Statistical power) และทำให้ไม่สามารถตรวจพบความแตกต่างบางส่วนได้อย่างชัดเจน อีกทั้งจำกัดความสามารถในการอ้างอิงผลไปยังกลุ่มประชากรอื่น (Generalizability) ดังนั้น ควรมีการศึกษาต่อยอดโดยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อยืนยันผลลัพธ์และเพิ่มความแม่นยำของการประเมินประสิทธิผลผลโปรแกรมในอนาคต

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุบัติการณ์ของภาวะโลหิตจาง และผลของการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านระบบติดตามสุขภาพทางไกล ต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็ก และค่าความเข้มข้นของเลือด ในหญิงตั้งครรภ์ที่มาฝากครรภ์ที่โรงพยาบาลเชียงดาว

ผลการศึกษาพบว่าอุบัติการณ์ของภาวะโลหิตจางในหญิงตั้งครรภ์ระหว่างการศึกษาคิดเป็นร้อยละ 13.33 โดยพบในกลุ่มตัวอย่างที่เริ่มต้นด้วยระดับฮีมาโตคริต ปกติ มากกว่าหรือเท่ากับ ร้อยละ 33 หลังได้รับโปรแกรมสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านระบบติดตามสุขภาพทางไกล พบว่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหารและความสม่ำเสมอในการรับประทานยาเสริมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของเลือดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ด้านบริการ ควรนำโปรแกรมการสนับสนุนการจัดการตนเองผ่านระบบติดตามสุขภาพทางไกลไปประยุกต์ใช้ในการฝากครรภ์ โดยเฉพาะในพื้นที่ภูเขาหรือชนบท เพื่อช่วยติดตามพฤติกรรมการรับประทานยาและการบริโภคอาหารของหญิงตั้งครรภ์อย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรเพิ่มระยะเวลาการทดลองเป็น 6 เดือน และขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมหญิงตั้งครรภ์ที่มีระดับฮีมาโตคริตต่ำกว่าร้อยละ 33 เพื่อประเมินผลเชิงสาเหตุของโปรแกรมต่อภาวะโลหิตจางโดยตรง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดี และอนุญาตให้นำข้อมูลมาใช้ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์โรงพยาบาลนครพิงค์ที่ให้โอกาสในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณผู้อำนวยการและบุคลากรจากโรงพยาบาลเชียงดาวทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลและดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. (2564). *การป้องกันภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก* [Video]. Facebook. ศูนย์อนามัยที่ 5 ราชบุรี. https://www.facebook.com/anamai5ratchaburi/videos/878091879766103/?extid=CL-UNK-UNK-UNK-IOS_GK0T-GK1C&ref=sharing

_____. (2565). *ป้องกันภาวะโลหิตจาง* [Video]. YouTube. ศูนย์อนามัยที่ 8 อุดรธานี. https://www.youtube.com/watch?v=rngsemOAmGA

_____. (2566). *คู่มือแนวทางควบคุมและป้องกันภาวะโลหิต*จาง. กรม. https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/book/download/?did=213240&id=104798&reloa

กระทรวงสาธารณสุข. (2566). *ระบบสารสนเทศสนับสนุนงานส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม (DOH DASHBOARD) ภาวะโลหิตจางในหญิงตั้งครรภ์ ระดับเขตสุขภาพ.* กองแผนงาน กรมอนามัย. https://dashboard.anamai.moph.go.th/dashboard/anemia/index?year=2023

โรงพยาบาลรามาธิบดี. คณะแพทย์ศาสตร์. (2560). *เสริมธาตุเหล็ก บำรุงโลหิต ใช้อย่างไรให้พอเหมาะ* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=UyrY1RHe5ko

จิตตระการ ศุกร์ดี และภูษิตา ครุธดิลกานนท์. (2563). บทบาทพยาบาลในการดูแลสตรีตั้งครรภ์วัยรุ่นที่มีภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก. *วารสารการพยาบาลและสุขภาพ*, *14*(2), 1–11. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/NurseNu/article/view/241779

จรินทร์ทิพย์ สมประเสริฐ และจีรพรรณ โพธิ์สุวัฒนากุล. (2565). *ภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก*. พี.เอ.ลิฟวิ่ง.

ประภาภรณ์ เพชรมาก และวิชุดา ศรีวรสาร. (2566). ประสิทธิผลของโปรแกรมการสอนโรงเรียนพ่อแม่จิตประภัสสรตั้งแต่นอนอยู่ในครรภ์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ในหญิงตั้งครรภ์แรก โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเดชอุดม. *วารสารสาธารณสุขและสุขภาพศึกษา, 3*(3), 1-14. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/tjphe/article/view/263603

ปรีดี นุกุลสมปรารถนา. (2564). *จำนวน Sample Size ที่เหมาะกับการทำ Research*. Popticles. https://www.popticles.com/marketing/research-sample-size/

พันธุ์ทิพย์ ภักดีพัฒนาทร และประยูร ภักดีพัฒนาทร. (2567). ผลของโปรแกรมการให้ความรู้ต่อความรู้และพฤติกรรมการดูแลตนเองของหญิงตั้งครรภ์เพื่อลดภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก. *วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน, 9*(4), 459–470. https://he03.tci-thaijo.org/index.php/ech/article/view/3075

มุก อิงคประเสริฐ และสมสกูล นีละสมิต. (2567). ผลของโปรแกรมการให้ความรู้เรื่องภาวะโลหิตจางร่วมกับการสนับสนุนจากครอบครัวแบบออนไลน์ต่อการรับรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง พฤติกรรมการรับประทานอาหารและยาเสริมธาตุเหล็กของสตรีตั้งครรภ์วัยรุ่นในโรงพยาบาลชุมชน. *วารสารการพยาบาลสุขภาพและการศึกษา, 7*(2), 42-54. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/NHEJ/article/view/270226

โรงพยาบาลเชียงดาว. (2568). *รายงานภาวะโลหิตจางในหญิงตั้งครรภ์ ปี พ.ศ. 2565–2567* [รายงาน]. โรงพยาบาล.

ศรัณยา ลาโมะ, สุนันทา ยังวนิชเศรษฐ, และเบญญาภา ธิติมาพงษ์. (2564). ผลของโปรแกรมการส่งเสริมโภชนาการต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารและยาเสริมธาตุเหล็กในหญิงตั้งครรภ์วัยรุ่นที่มีภาวะโลหิตจาง. *วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข, 31*(1), 224-236. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/tnaph/article/ view/250710

สาริศา สืบจากดี และรุจิพัชญ์ เพ็ชร์สินเดชากุล. (2567). ผลของโปรแกรมการส่งเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพการดูแลตนเองของหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กที่มาฝากครรภ์ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพศูนย์อนามัยที่ 3. *วารสารศูนย์อนามัยที่ 10, 12*(2), 88-103. https://he03.tci-thaijo.org/index.php/HPC10Journal/article/view/3262

สุรางรัตน์ โฆษิตธนสาร, วิไลลักษณ์ ปิยะวัฒนพงษ์, นงลักษณ์ แสนกิตะ, และอภัสรา มาประจักษ์. (2564). ประสิทธิผลของโปรแกรมการสอนโรงเรียนพ่อแม่ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ในหญิงตั้งครรภ์แรก โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพศูนย์อนามัยที่ 7 ขอนแก่น. *วารสารศูนย์อนามัยที่ 7 ขอนแก่น, 13*(1), 74-87. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/johpc7/article/view/251280

Alam, M., Banwell, C., & Lokuge, K. (2020). The effect of women's differential access to messages on their adoption of mobile health services and pregnancy behavior in Bangladesh: Retrospective cross-sectional study. *JMIR mHealth and uHealth*, *8*(7), e17665. https://doi.org/10.2196/17665

American College of Obstetricians and Gynecologists. (2021). Anemia in pregnancy: ACOG Practice bulletin, number 233. *Obstetrics and Gynecology*, *138*(2), e55–e64. https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000004477

Atkinson, J., Hastie, R., Walker, S., Lindquist, A., & Tong, S. (2023). Telehealth in antenatal care: recent insights and advances. *BMC Med, 21*, 332. https://doi.org/10.1186/s12916-023-03042-y

Bernard, R. (2000). *Fundamentals of biostatistics* (5th ed.). Thomson learning.

Brunken, G. S., De França, G. V. A., Luiz, R. R., & Szarfarc, S. C. (2016). Agreement assessment between hemoglobin and hematocrit to detect anemia prevalence in children less than 5 years old. *Cadernos Saúde Coletiva, 24*(1), 118-123. https://doi.org/10.1590/1414-462X201600010x01

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Insiripong, S., Supattarobol, T., & Jetsrisuparb, A. (2013). Comparison of hematocrit/hemoglobin ratios in subjects with alpha-thalassemia, with subjects having chronic kidney disease and normal subjects. *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, *44*(4), 707–711.

Kanfer, F. H., & Gaelick-Buys, L. (1991). Self-management methods. In F. H. Kanfer & A. P. Goldstein (Eds.), *Helping people change: A textbook of methods* (4th ed., pp.305–360). Pergamon Press.

Knop, M. R., Nagashima-Hayashi, M., Lin, R., Saing C. H., Ung, M., Oy, S., Yan, E. L. Y., Zahari, M., & Yi, S. (2024). Impact of mHealth interventions on maternal, newborn, and child health from conception to 24 months postpartum in low- and middle-income countries: A systematic review. *BMC Medicine, 22*, 196. https://doi.org/10.1186/s12916-024-03417-9

Kim, H., & Park, E. (2023). Effectiveness of telehealth-based interventions on maternal health outcomes during pregnancy: A systematic review. *Journal of Telemedicine and Telecare, 29*(3), 120–133.

Mangkalard, P., Rueknganm, L., & Ponta, S. (2022). Effects of nutrition counselling on iron deficiency anemia in pregnancy. *Life Sciences, Medicine and Biomedicine, 6*(1). https://doi.org/10.28916/lsmb.6.1.2022.104

Mishra, M., Parida, D., Murmu, J., Singh, D., Rehman, T., Kshatri, J. S., & Pati, S. (2023). Effectiveness of mHealth interventions for monitoring antenatal care among pregnant women in low- and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. *Healthcare, 11*(19), 2635. https://doi.org/10.3390/healthcare11192635

Ngamjarus, C., & Chongsuvivatwong, V. (2014). *n4Studies: Sample size and power calculations for android*. The Royal Golden Jubilee Ph.D. Program, The Thailand Research Fund & Prince of Songkla University.

Rahman, M. O., Yamaji, N., Nagamatsu, Y., & Ota, E. (2022). Effects of mHealth interventions on improving antenatal care visits and skilled delivery care in low-and middle-income countries: Systematic review and meta-analysis. *J Med Internet Res, 24*(4), e34061.

Srisai, R., Thinkhamrop, J., Chaiyarach, S., & Kreetiyutanont, S. (2021). Compliance of iron supplementation during pregnancy. *Srinagarind Medical Journal*, *36*(5), 527-533. https://thaidj.org/index.php/smnj/article/view/10990

Verma, P., & Roy, A. (2024). Iron deficiency anemia (IDA) in pregnancy: Prevalence and management. *An International Journal of Research in AYUSH and Allied Systems, 11*(3), 257-261. https://doi.org/10.47070/ayushdhara.v11i3.1614

World Health Organization. (2017). *Nutritional anaemias: Tools for effective prevention and control*. https://www.who.int/publications/i/item/9789241513067

_____. (2022). *Consolidated telemedicine implementation guide*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240059184

_____. (2023). *WHO guidance for the prevention and treatment of anaemia in pregnancy*. WHO.

_____. (2025). *Anaemia*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/anaemia

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

การประเมินการกักเก็บปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชน กรณีศึกษา ป่าชุมชนบ้านแม่มอกใต้ ตำบลแม่มอก อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

วันที่รับ: 4 สิงหาคม 2568
วันที่แก้ไข: 26 พฤศจิกายน 2568
วันที่ตอบรับ: 28 พฤศจิกายน 2568

พัฒนา กายาไชย[1*], วรญา จตุพัฒน์รังสี[2], พัชรสฤษดิ์ กนิษฐเสน[2] และ วรรักษ์ หน่อสีดา[1]
[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง
[2]คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง
*Corresponding author e-mail: Pudd.Woody@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะภูมิประเทศและลักษณะการผลัดใบของป่าชุมชน เพื่อประเมินปริมาณกักเก็บคาร์บอนจากพื้นที่ป่าชุมชน และเพื่อประเมินศักยภาพมูลค่าทางเศรษฐกิจจากคาร์บอนเครดิตของป่าชุมชนบ้านแม่มอกใต้ หมู่ที่ 6 อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมจากอาสาสมัครหมู่บ้านผู้ดูแลรับผิดชอบป่าจำนวน 7 คน ทำการประเมินปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินจากพื้นที่เลือกศึกษา 1 ไร่ จากพื้นที่ทั้งหมด โดยประเมินจากสมการแอลโลมิทรี และการวิเคราะห์ศักยภาพมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยใช้กรอบการวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนตามองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ผลการวิจัยพบว่า ป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษาเป็นป่าเบญจพรรณบนภูเขามีพื้นที่ทั้งหมด 2,428 ไร่ โดยมีความสูงประมาณตั้งแต่ 180 ถึง 1000 เมตร ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง มีความลาดลงมาทางทิศตะวันตกพร้อมที่ราบระหว่างหุบเขาคั่นกลางอยู่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการผลัดใบของป่าในช่วงฤดูแล้งจะเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และจะผลัดใบมากที่สุดในเดือนมีนาคมโดยจะผลัดใบมากตรงบริเวณที่ความสูงระดับต่ำรวมถึงที่ราบเชิงเขา และสำหรับพื้นที่สูงกว่า 500 ถึง 1,000 เมตร จะมีการผลัดใบน้อยผลการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ณ ปีฐาน (2567) อยู่ที่ 18.443 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และในอีก 3, 6 และ 10 ปีข้างหน้า พบว่าจะมีปริมาณการเพิ่มสุทธิก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 6,919.80, 13,839.60 และ 23,066.00 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับ คิดเป็นมูลค่าคาร์บอนเครดิตคิดเป็นเงินที่ 2,089,641, 4,179,282 และ 6,965,470 บาท ตามลำดับโดยอ้างอิงราคาซื้อขายตลาดคาร์บอนในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 โดยที่ราคารับซื้อเฉลี่ยอยู่ที่ 301.98 บาทต่อตัน โดยผลการวิจัยชิ้นนี้คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาโครงการคาร์บอนเครดิตระดับชุมชนซึ่งเป็นการส่งเสริมรายได้ของชุมชน การอนุรักษ์พื้นที่ป่าหรือการเสริมศักยภาพให้ท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: การประเมินการกักเก็บคาร์บอน, คาร์บอนเครดิต, ป่าชุมชน

ASSESSMENT OF CARBON CREDITS IN COMMUNITY FOREST: A CASE STUDY OF SOUTH MAE MOG VILLAGE, THOEN DISTRICT, LAMPANG PROVINCE

Received: August 4, 2025
Revised: November 26, 2025
Accepted: November 28, 2025

Pattana Kayachai[1*], Worraya Jatupatrangsee[2], Patcharasalid Kanittasen[2] and Worrarak Norseeda[1]
[1]Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand
[2]Faculty of Humanities and Social Sciences, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand
*Corresponding author e-mail: Pudd.Woody@gmail.com

Abstract

The objectives of this study were to examine the topographical characteristics and leaf phenology of the community forest, to preliminarily assess the carbon stock quantity, and to evaluate the economic potential value derived from carbon credits of the community forest in Mae Mok Subdistrict Community Forest in Thoen District in Lampang Province. This study employed participatory action research methodology with the participation of seven village volunteers who were assigned as forest management to measure and assess aboveground carbon stock from 1 rai (1,600 Square meters) within the selected study area out of the total area. The assessment was conducted using allometric equations and economic value analysis utilizing the carbon stock assessment framework established by the Thailand Greenhouse Gas Management Organization. It was found that the community forest in the study area was classified as a deciduous dipterocarp forest on mountainous terrain, with a total area of 2,428 rai (3,884,800 Square meters), at elevations ranging from 180 to 1,000 meters above mean sea level, descending from East to West, with intervening valley floors. The patterns of leaf shedding during the dry season would start from February to April, with the peak leaf drop in March. The most intense leaf shedding would at lower elevations and foothill plains, while areas at elevations between 500 and 1,000 meters would exhibit less leaf shedding. The baseline carbon sequestration at the baseline year (2024) was measured to be at 18.443 tons of carbon dioxide equivalent. Projections for the subsequent 3, 6, and 10 years were expected to have net increases in carbon dioxide sequestration of 6,919.80, 13,839.60, and 23,066.00 tons of carbon dioxide equivalent, respectively. These corresponded to carbon credit values of 2,089,641, 4,179,282, and 6,965,470 Thai baht,

respectively, based on carbon market trading prices in February 2025, with an average purchase price of 301.98 baht per ton. This research was anticipated to contribute significantly to the development of community-level carbon credit projects, promote community income generation, forest area conservation, and enhance local capacity participation in greenhouse gas reduction initiatives in the future.

Keywords: Carbon stock assessment, Carbon credit, Community forest

บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ (Climate change) เนื่องจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจของมนุษย์ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้นจนนำไปสู่สภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) (Filonchyk et al., 2024; Lamb et al., 2021) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคเหนือแสดงถึงแนวโน้มอุณหภูมิสูงขึ้นและความแห้งแล้งที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูก เช่น ข้าวโพดและข้าว โดยพบว่าช่วงปี 2020–2029 อุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่สูงขึ้นเฉลี่ย 0.5–0.6 °C (Limsakul et al., 2023) มากกว่านั้นภาคเหนือของไทยมีอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่าสูงสุดในประเทศสาเหตุหลักมาจากการขยายพื้นที่เกษตรกรรมพืชเชิงเดี่ยวโดยเฉพาะข้าวโพด และการลักลอบตัดไม้รวมถึงไฟป่าที่เกิดจากเกษตรกรรมไร่หมุนเวียนและการเผาพื้นที่เพื่อเตรียมแปลงเกษตร (Hermhuk et al., 2020)

ปัจจุบันการบูรณาการแนวคิดด้านการกักเก็บคาร์บอน (Carbon sequestration) การจัดการป่าโดยชุมชน (Community-based forest management: CBFM) และกลไกตลาดคาร์บอนโดยสมัครใจของประเทศไทย (Thailand voluntary smission reduction program: T-VER) เพื่อสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกและการพัฒนาที่ยั่งยืนผ่านการมีส่วนร่วมของชุมชนในการดูแลรักษาป่า โดยแนวคิดด้านการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้เป็นกระบวนการที่ต้นไม้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศและเก็บไว้ในรูปของชีวมวลและอินทรียวัตถุในดิน การจัดการป่าที่เหมาะสม เช่น การอนุรักษ์ป่าเก่าแก่ การปลูกป่าใหม่ และการจัดการป่าอย่างยั่งยืน สามารถเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนได้อย่างมีนัยสำคัญ (Ontl et al., 2019) สำหรับ CBFM คือการให้ชุมชนท้องถิ่นมีบทบาทสำคัญในการดูแลและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบร่วมกันของชุมชนในการอนุรักษ์และฟื้นฟูป่า งานวิจัยในประเทศไทยและต่างประเทศพบว่า CBFM ช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนในป่า ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสร้างรายได้ให้กับชุมชนผ่านกลไกตลาดคาร์บอน (Poudel et al., 2025; Thammanu et al., 2021) มากกว่านั้นการจัดการป่าโดยชุมชนยังช่วยเสริมสร้างความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Chaiya, 2025) และแนวคิดเรื่อง T-VER เป็นกลไกตลาดคาร์บอนโดยสมัครใจของประเทศไทยที่ดำเนินการโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) หรือ TGO โดยเปิดโอกาสให้โครงการในภาคป่าไม้และภาคอื่น ๆ สามารถพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกและรับรองปริมาณคาร์บอนเครดิตได้ตามมาตรฐานที่กำหนด โครงการ T-VER ในภาคป่าไม้จะใช้วิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนทั้งในระดับ Baseline และ Project เพื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง (Uttaruk et al., 2024) โครงการ T-VER ในภาคป่าไม้จะใช้วิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนทั้งในระดับ Baseline และ Project เพื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง มากกว่านั้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในโครงการ T-VER ช่วยสร้างแรงจูงใจในการอนุรักษ์ป่าและเพิ่มรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (Thammanu et al., 2021) โดยใช้การซื้อขายคาร์บอนเครดิตซึ่งก็คือกรรมสิทธิ์ในปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากกลไกการซื้อขายสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและกลไกตลาดคาร์บอน (Michaelowa et al., 2019) จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นในการที่จะดำเนินโครงการ T- VER ในภาคป่าไม้ จำเป็นต้องมีการพัฒนาจัดทำเอกสารโครงการ (Project design document: PDD) ก่อนจะให้ชุมชนเข้าร่วมโครงการฯ ดังกล่าวที่ผ่านมาการประเมินคาร์บอนเครดิตของป่าชุมชนส่วนใหญ่เป็นเพียงการศึกษาประเมินการกักเก็บคาร์บอนผ่านตัวแบบ (Model) เพื่อทดสอบความแม่นยำหรือพัฒนาตัวแบบการประเมินในรูปสมการแอลดลมิทรี อย่างไรก็ตามการประเมินคาร์บอนของป่าชุมชนส่วนใหญ่ยังขาดการนำผลไปสู่การจัดทำเอกสารโครงการ (Project design document: PDD) หรือยังไม่เชื่อมโยงกับการสร้างรายได้จากคาร์บอนเครดิตในระบบ T- VER ของประเทศไทย

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนภาคป่าไม้เพื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนเครดิตสามารถทำได้โดยใช้ระเบียบวิธีการประเมินภายใต้โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low emission support scheme: LESS) ภายใต้กรอบการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเครดิตของ T- VER ซึ่งงานศึกษาวิจัยการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในประเทศไทยนั้น มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางดังต่อไปนี้ คือ Thammanu et al. (2021) ได้ทำการศึกษาและประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าผลัดใบในภาคเหนือ โดยวัดคาร์บอนเหนือพื้นดินและวิเคราะห์การจัดการป่าชุมชน พบว่า การจัดการป่าชุมชนช่วยเพิ่มคาร์บอนสะสมและมีศักยภาพเข้าร่วมตลาดคาร์บอน Wannasingha et al. (2023) ได้ศึกษาประเมินปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินและในดินของป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคามโดยเปรียบเทียบการจัดการ พบว่าการจัดการที่ดีส่งผลให้ป่ามีคาร์บอนสะสมสูงสุดและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้น วสันต์ จันทร์แดง และคนอื่น ๆ (2553) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส จังหวัดขอนแก่น อายุ 1-4 ปี โดยการวางแปลงตัวอย่างขนาด 40 X 40 เมตร พบว่า สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 3 ปี มีการสะสมคาร์บอนรวมมากที่สุดเท่ากับ 64.70 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาได้แก่ สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 4 ปี ป่าเต็งรัง สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 2 ปี และสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 1 ปี มีค่าเท่ากับ 60.41, 58.36, 54.55 และ 48.48 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ จุฑาพร ทองนุ่น และคนอื่น ๆ (2565) ได้ประเมินปริมาณมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 29.98 ตัน และมีปริมาณคาร์บอนกักเก็บทั้งหมดเท่ากับ 15.42 ตันคาร์บอนเทียบเท่า และศศิธร เพชรแสน และคนอื่น ๆ (2566) ได้ประเมินปริมาณมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 30.71 ตัน และมีปริมาณคาร์บอนกักเก็บทั้งหมดเท่ากับ 14.44 ตันคาร์บอนเทียบเท่า

จังหวัดลำปางเป็นจังหวัดที่มีทรัพยากรป่าไม้สูงเป็นอันดับ 3 ของกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน รองจากจังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอนเท่านั้น โดยมีพื้นที่ป่าไม้จำนวน 5,455,211 ไร่ (กรมป่าไม้. สำนักจัดการที่ดินป่าไม้, 2566) แนวคิดเรื่องคาร์บอนเครดิตจึงเป็นหนึ่งในโอกาสสำคัญในการกระตุ้นสมาชิกชุมชนมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาทรัพยากรในป่าชุมชนอย่างเข้มแข็งและทรัพยากรในผืนป่าอย่างเคร่งครัดอย่างมีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนแผนปฏิบัติการจัดการป่าชุมชน บ้านแม่มอกใต้ ตำบลแม่มอก อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง ให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น งานศึกษาในครั้งนี้จะทำการประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าชุมชน บ้านแม่มอกใต้ หมู่ 6 อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง โดยใช้ระเบียบวิธีการประเมินการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแนวทางการพัฒนาโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก ภายใต้เอกสารการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก รหัสเอกสาร LESS- For- 01 เวอร์ชัน 6 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [อบก.], 2566) โดยคาดหวังว่าข้อมูลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาเอกสารเอกสารข้อเสนอโครงการสำหรับโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร (Project design document: PDD) ตามข้อกำหนดของ อบก. (อบก., 2567ก) ในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะภูมิประเทศและลักษณะการผลัดใบของป่าชุมชนของพื้นที่ป่าชุมชน บ้านแม่มอกใต้ หมู่ 6 อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

2. เพื่อประเมินปริมาณกักเก็บคาร์บอนจากพื้นที่ป่าชุมชนบ้านแม่มอกใต้ หมู่ 6 อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

3. เพื่อประเมินศักยภาพมูลค่าทางเศรษฐกิจจากคาร์บอนเครดิตของป่าชุมชนบ้านแม่มอกใต้ หมู่ 6 อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีรูปแบบการวิจัยแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research: PAR) เพื่อให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการเก็บข้อมูลชีวมวลและประเมินศักยภาพคาร์บอนซึ่งจะช่วยเชื่อมโยงแนวทางการศึกษาวิจัยกับเป้าหมายการมีส่วนร่วมของโครงการ T- VER ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. การศึกษาลักษณะภูมิประเทศและลักษณะการผลัดใบของป่าชุมชน

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลของงานศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงกายภาพของป่าชุมชนจะถูกรวบรวมโดยอาสาสมัครชาวบ้านที่รับผิดชอบในการดูแลป่าชุมชน จำนวน 7 คน และชาวบ้านที่เกี่ยวข้องกับการหาของป่าในพื้นที่ป่าชุมชน จำนวน 10 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposing sampling) เพื่อให้ได้ตัวแทนที่มีประสบการณ์ด้านการดูแลป่า โดยผ่านการสอบถาม สัมภาษณ์ และขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลของงานศึกษา ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ คือ ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะการผลัดใบของป่าชุมชนของพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลแผนที่ขอบเขตป่าชุมชน ข้อมูลแบบจำลองชั้นความสูงเชิงตัวเลข (Digital elevation model: DEM) โดยขั้นตอนในส่วนนี้ จะใช้ข้อมูลแผนที่ขอบเขตป่าชุมชนในรูปแบบข้อมูลภูมิสารสนเทศจากกรมป่าไม้ และข้อมูลดาวเทียม MODIS ที่ได้จากแพลตฟอร์ม Google Earth Engine มาใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial analysis) โดยพิจารณาจากความสูง- ต่ำ และดัชนีพืชพรรณ NDVI (Rouse et al., 1974) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน ของปี พ.ศ. 2566 เพื่อศึกษาลักษณะภูมิประเทศและลักษณะการผลัดใบของป่าชุมชนของบ้านแม่มอกใต้ หมู่ 6 ที่มีพื้นที่ทั้งหมด 2,428 ไร่

2. การประเมินปริมาณกักเก็บคาร์บอนจากพื้นที่เลือกศึกษา

ขั้นตอนการประเมินปริมาณกักเก็บคาร์บอนจากพื้นที่เลือกศึกษา จะทำการเลือกพื้นที่ศึกษาขนาด 1 ไร่ โดยมีแปลงทดสอบย่อยจำนวน 4 แปลง ในพื้นที่สุ่มในพื้นที่เลือกศึกษาขนาดแปลงทดสอบย่อยขนาด 20 x 20 เมตร ทำการตรวจวัดโดยอาสาสมัครชาวบ้านที่รับผิดชอบในการดูแลป่าชุมชน จำนวน 7 คน พร้อมด้วยคณะวิจัยทำการวัดและประเมินข้อมูลในช่วงเดือน เมษายน พ.ศ. 2566 โดยใช้เครื่องมือการวัดชีวมวลป่าไม้ เช่น เครื่องมือวัดเส้นรอบวงต้นไม้ (Diameter tape) เครื่องวัดความสูงต้นไม้ (Clinometer) ภายใต้กรอบการประเมินปริมาณกักเก็บคาร์บอนตามระเบียบวิธีการของโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (LESS FOR 06- 2567) เพื่อที่จะได้ผลลัพธ์ คือ 1 ปริมาณชีวมวลรวม (ชีวมวลเหนือพื้นดินและชีวมวลใต้พื้นดิน) และ 2 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของในพื้นที่เลือกศึกษา จากนั้นจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนย่อย คือ 1 ขั้นตอนการคำนวณมวลชีวภาพเหนือดิน (Above ground biomass) และ 2 ขั้นตอนคำนวณมวลชีวภาพใต้ดิน (Below ground biomass) และ 3 ขั้นตอนการคำนวณปริมาณปริมาณคาร์บอนทั้งหมด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ขั้นตอนการคำนวณมวลชีวภาพเหนือดิน (Above ground biomass)

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอกและผล สามารถคำนวณได้โดยเลือกสมการแอลโลเมตรี (Allometric equation) ที่เหมาะสมกับชนิดของพรรณไม้ เช่น กลุ่มเถาวัลย์ เสนอโดย ชิงชัย วิริยะบัญชา (2554) กลุ่มไผ่บงป่า อ้างอิงโดย อิทธิพงศ์ วรรณลังกา และคนอื่น ๆ (2558) กลุ่มไผ่บงดำ ไผ่ข้าวหลาม ไผ่ไร่ และไผ่ผาก อ้างอิงโดย Kutintara et al. (1995) กลุ่มพรรณไม้ป่าชายเลน อ้างอิงโดย Komiyama et al. (1987) กลุ่มปาล์ม (Pearson et al., 2005) ในการวิจัยครั้งนี้ โดยเลือกใช้สมการเชิงประจักษ์ (Allometric equation) กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป (Ogawa et al., 1965) โดยรายละเอียดสมการสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (1), (2), (3) และ (4) ดังนี้

$$W_S = 0.0396 \times (D^2H)^{0.933} \quad (1)$$

$$W_B = 0.00349 \times (D^2H)^{1.030} \quad (2)$$

$$W_L = (28/ (W_s + W_B) + 0.025)^{-1} \quad (3)$$

$$W_{Ta} = W_S + W_B + W_L \quad (4)$$

โดยที่ W_{Ta} คือ ผลรวมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่แปลงตัวอย่างที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรี (กิโลกรัม) W_L คือ มวลชีวภาพในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม) W_B คือ มวลชีวภาพในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม) W_S คือ มวลชีวภาพในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม) D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (เซนติเมตร) และ H คือ ความสูงของต้นที่วัดจากระดับเพียงอก ที่ 1.30 เมตร

2.2 การคำนวณมวลชีวภาพใต้ดิน (Below ground biomass)

มวลชีวภาพใต้ดิน (W_{Tb}) คือ ปริมาณมมวลชีวภาพต้นไม้ที่อยู่ใต้ดิน (กิโลกรัม) ได้แก่ ราก โดยการคำนวณมวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (5) ดังนี้

$$(W_{Tb}) = W_{Ta} \times R \quad (5)$$

เมื่อ R คือ สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ในที่นี้ใช้ค่า 0.27 จากกลุ่มพรรณไม้ทั่วไป IPCC (2006) โดยกลุ่มชนิดไม้จะมีสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นแตกต่างกันไป ดังนี้ พรรณไม้ป่าชายเลน (0.48), กลุ่มปาล์ม (0.41), เถาวัลย์ (0.27) และ ไผ่ (0.27) (ดำรงค์ ศรีพระราม และคนอื่น ๆ, 2554) หากพื้นที่ไม่มีป่าชายเลนหรือปาล์มควรใช้ค่า 0.27

2.3 การคำนวณปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

ขั้นตอนการคำนวณปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า, tCO_2e) สามารถคำนวณได้จาก สมการคำนวณที่ (6)

$$\text{ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก} = A \times (W_{Ta} + W_{Tb}) \times C_R \times RCo_2 \quad (6)$$

โดยที่ A คือ พื้นที่แปลงทดสอบ (ไร่) RCo_2 คือ ค่าสัดส่วนมวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน มีค่า 44/12 และ C_R คือ สัดส่วนปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพต้นไม้ (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ในที่นี้ใช้ค่า 0.47 จากกลุ่มพรรณไม้ทั่วไป โดยอ้างอิงโดย IPCC (2006)

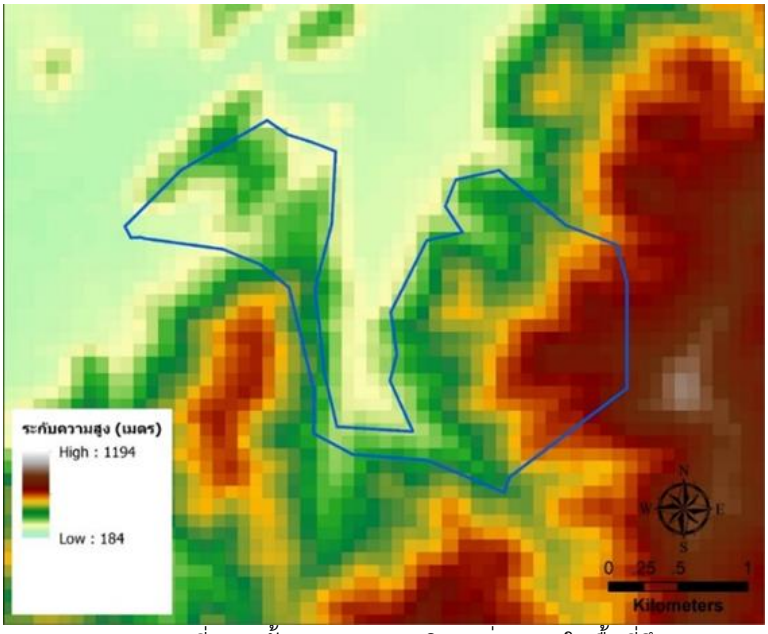
3. การประเมินศักยภาพมูลค่าทางเศรษฐกิจจากคาร์บอนเครดิตของป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษา

ผลลัพธ์ของวัตถุประสงค์ในขั้นตอนนี้ คือ ปริมาณคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอน และปริมาณคาดการณ์ศักยภาพทางเศรษฐกิจ คาร์บอนของป่าชุมชน ในพื้นที่เลือกศึกษาในช่วงเวลา 3, 6 และ 10 ปี โดยการประเมินศักยภาพของป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษาจะใช้ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากปีฐานของแปลงทดสอบในพื้นที่เลือกศึกษาจากสมการ (6) มาคำนวณกับพื้นที่ของป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 2,428 ไร่ จากนั้นจึงมาคำนวณอัตราการเพิ่มขึ้นของคาร์บอน ในที่นี้พิจารณาจากพรรณไม้พื้นเมืองโตช้า ซึ่งมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 0.95 ตัน/ไร่/ปี (RECOFTC., 2025) และคำนวณมูลค่าทางเศรษฐกิจคาร์บอนเครดิตโดยอ้างอิงราคาซื้อขายตลาดคาร์บอนในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 โดย อบก. (อบก., 2567ข) ตามลำดับ

ผลการวิจัย

1. ลักษณะภูมิประเทศความสูงของป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษา

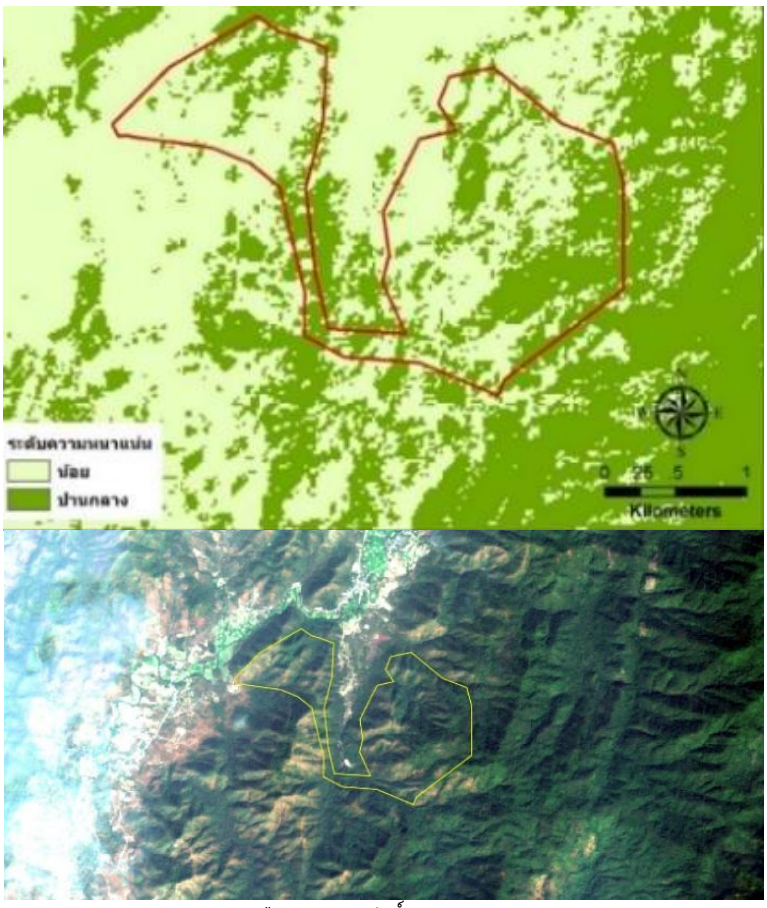
จากการใช้การสำรวจจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel- 2 จากแพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE) ความละเอียดภาพ 20 x 20 เมตร ปี พ.ศ. 2568 และ ข้อมูลแผนที่ชั้นความสูง (Digital elevation model: DEM) สามารถอธิบายได้ว่า ป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษาเป็นป่าเบญจพรรณโดยจะมีความสูงประมาณตั้งแต่ 180 ถึง 1,000 เมตร ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยบริเวณที่มีความสูงสูงสุดอยู่ที่ทิศตะวันออกของป่า ประมาณ 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง และมีความลาดลงมาทางทิศตะวันตกซึ่งบริเวณป่าทางฝั่งทิศตะวันตกจะมีความสูงน้อยกว่าบริเวณทิศตะวันออกและระหว่างแนวเทือกเขาด้านตะวันออกและตะวันตกจะมีที่ราบระหว่างหุบเขาคั่นกลางอยู่ ดังภาพ 1



ภาพ 1 แผนที่แสดงชั้นความสูงของบริเวณป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษา

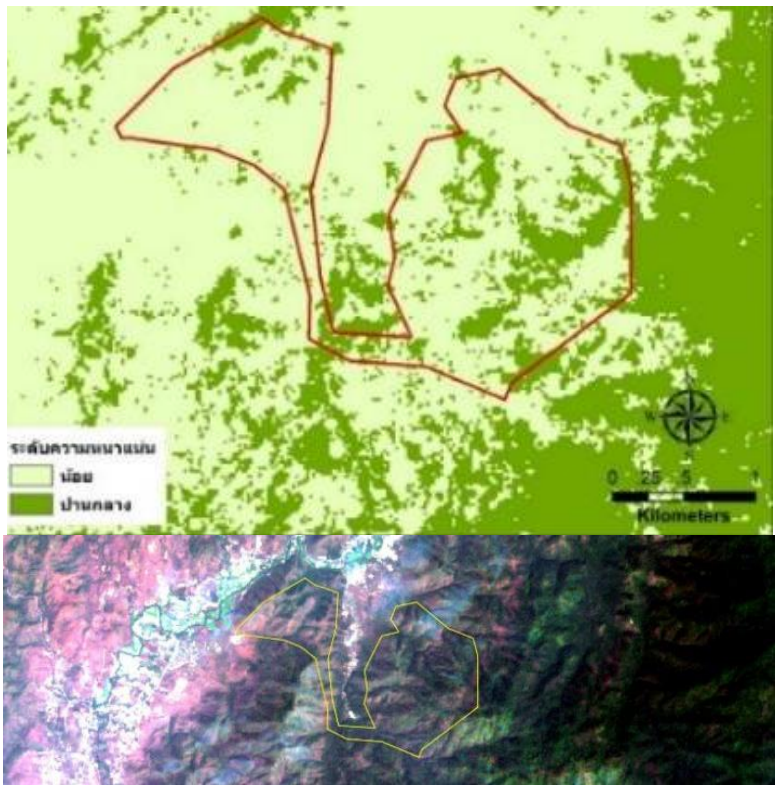
2. ลักษณะการผลัดใบของป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel- 2 ผ่านข้อมูลดัชนีพืชพรรณ ดังรูปภาพ 2 ในช่วงฤดูแล้งเดือนกุมภาพันธ์, มีนาคม และเมษายน ปี พ.ศ. 2566 เพื่อศึกษาลักษณะการผลัดใบของป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษา พบว่า ในช่วงฤดูแล้งเดือนกุมภาพันธ์, มีนาคม และเมษายน พ.ศ. 2566 แสดงระดับการกระจายตัวของพื้นที่ป่าที่มีการผลัดใบจะกระจายตัวอยู่ 2 ระดับ คือ พื้นที่ระดับการผลัดใบมากมักพบที่ความสูงระดับต่ำรวมถึงที่ราบเชิงเขา ทั้งด้านแนวเทือกเขาตะวันออกและตะวันตกและพื้นที่ระดับผลัดใบน้อย ซึ่งมักจะพบบริเวณพื้นที่สูงกว่า 500 ถึง 1,000 เมตร ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางและทางทิศเหนือของบริเวณป่าฝั่งทิศตะวันตกที่ระดับความสูงใกล้เคียง 300-400 เมตร ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางตามลำดับ จากคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงการผลัดใบของป่าในช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 พบว่าเมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูแล้งตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ป่าจะเริ่มผลัดใบ และจะผลัดใบมากที่สุดในเดือนมีนาคม แต่อย่างไรก็ตามในเดือนเมษายนเริ่มมีการผลิใบของป่าเนื่องจากเดือนมีนาคมมีฝนตกลงมา



เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566

เดือนมีนาคม พ.ศ. 2566



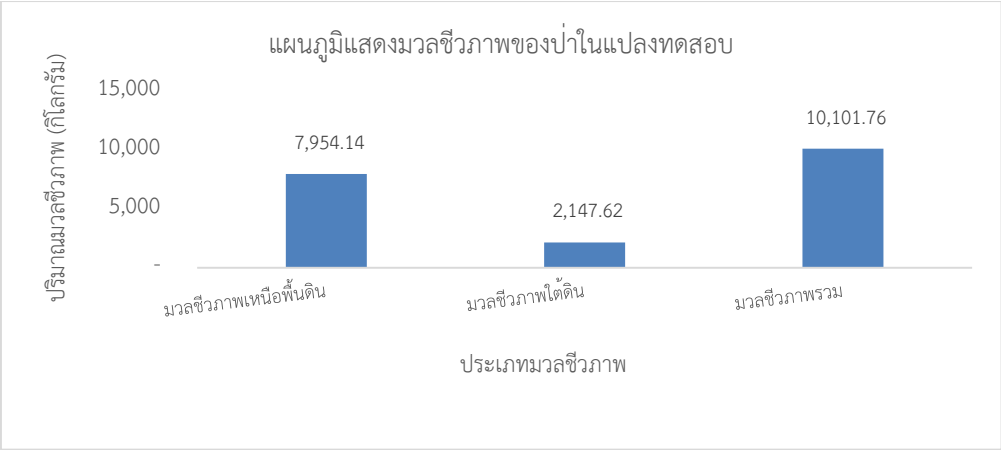
เดือนเมษายน พ.ศ. 2566

ภาพ 2 รูปภาพแสดงค่าดัชนีพืชพรรณและภาพผสมสีจริงแสดงสภาพป่าชุมชนของพื้นที่ศึกษา ในช่วงระยะเวลาในฤดูแล้ง

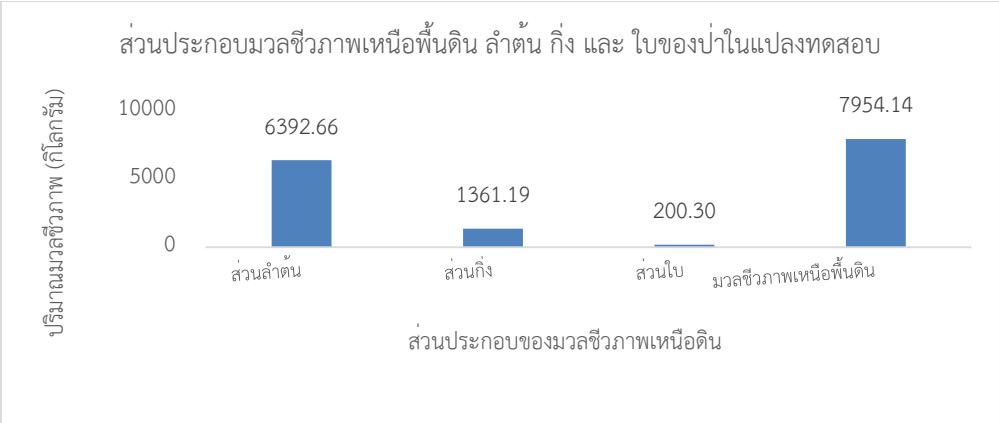
3. การประเมินปริมาณกักเก็บคาร์บอนจากพื้นที่ป่าชุมชน

จากข้อมูลการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแปลงทดลองในพื้นที่ศึกษา พบว่า จำนวนต้นในแปลงทดสอบทั้งหมด จำนวน 208 ต้น ซึ่งต้นไม้ในแปลงทดสอบทั้งหมดจัดเป็นกลุ่มพรรณไม้ทั่วไปจะมีปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ประเมินเบื้องต้นอยู่ที่ 18.443 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า พรรณไม้ยืนต้นหรือพรรณไม้หลักที่พบ 6 อันดับแรก ได้แก่ ตะแบก (*Lagerstroemia floribunda* Jack) สัก (*Tectona grandis* L.f.) เหมียด (*Memecylon edule* Roxb.) หยาบ (*Colona flagrocarpa* Craib) กระพี้ (*Millettia brandisiana* Kurz) และผาเสี้ยน (*Vitex quinata* Will.) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน มวลชีวภาพใต้พื้นดินและมวลชีวภาพรวม พบว่า มวลชีวภาพรวมซึ่งมีปริมาณ 10,101.76 กิโลกรัม โดยสามารถจำแนกออกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้ดิน 7,954.14 และ 2,147.62 กิโลกรัม ตามลำดับดังภาพ 3



ภาพ 3 แผนภูมิแสดงมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพรวมของป่าในแปลงทดสอบ



ภาพ 4 แผนภูมิแสดงมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ลำต้น กิ่ง และใบของป่าในแปลงทดสอบ

จากภาพ 4 เมื่อพิจารณามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 7.95 ตัน จะประกอบไปด้วยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่เป็น ลำต้น กิ่ง และใบ ปริมาณ 6.39 1.36 และ 0.20 ตัน ตามลำดับ

ตาราง 1 ตารางแสดงข้อมูลจำนวนต้น ปริมาณมวลชีวภาพรายแปลง ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกรายแปลง และปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรายแปลง

	แปลง1	**แปลง2**	**แปลง3**	**แปลง4**
จำนวนต้นรายแปลง	68	63	42	30
ปริมาณมวลชีวภาพรายแปลง (ตัน/แปลง)	6.00	2.17	1.16	1.37
ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยรายแปลง (ตัน/แปลง)	0.09 (0.39)	0.03 (0.06)	0.03 (0.04)	0.05 (0.06)
ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกรายแปลง (ตันคาร์บอนเทียบเท่า)	10.35	3.74	1.99	2.37
ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรายแปลง (ตันคาร์บอนเทียบเท่า/แปลง)	152.20 (0.67)	59.31 (0.10)	47.42 (0.07)	78.88 (0.12)

หมายเหตุ: $\bar{X}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

จากตาราง 1 เมื่อพิจารณาข้อมูลรายแปลงทดสอบซึ่งมีขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 20 x 20 เมตร ทั้ง 4 แปลงย่อย พบว่า จำนวนต้นไม้รายแปลงที่ 1 ถึง 4 มีจำนวน 68, 63, 42 และ 30 ต้น ตามลำดับ สำหรับมวลชีวภาพรวมรายแปลง พบว่า มีปริมาณชีวมวล 6.00, 2.17, 1.16 และ 1.37 ตัน/แปลง ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยรายแปลง 0.09 (0.39), 0.03 (0.06), 0.03 (0.04) และ 0.05 (0.06) ตัน/แปลง ตามลำดับ สำหรับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายแปลง จะมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายแปลง ที่ 10.35, 3.74, 1.99 และ 2.37 ตันคาร์บอนเทียบเท่าตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรายแปลงที่ 152.20 (0.67), 59.31 (0.10), 47.42 (0.07) และ 78.88 (0.12) ตันคาร์บอนเทียบเท่า/แปลงตามลำดับ

4. ศักยภาพของป่าชุมชนในการกักเก็บคาร์บอน และมูลค่าทางเศรษฐกิจคาร์บอนเครดิต

จากข้อมูลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในแปลงทดสอบพื้นที่ 1 ไร่ ที่ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 18.443 ตันคาร์บอนเทียบเท่า ซึ่งจะใช้ปริมาณนี้เป็นปริมาณคาร์บอนตั้งต้น (Baseline carbon stock) จะเห็นว่าป่าชุมชนจะสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในระดับใกล้เคียงกับป่าเบญจพรรณธรรมชาติ เมื่อนำข้อมูลนี้มาทำการประเมินเบื้องต้นของการกักเก็บปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชนบ้านแม่มอกใต้ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 2,428 ไร่ จะมีปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนทั้งป่าชุมชนอยู่ที่ 44,779.604 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปีฐาน เมื่อคาดการณ์ไปอีก 3, 6 และ 10 ปี โดยใช้อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ 0.95 ตัน/ไร่/ปี (RECOFTC, 2025) พบว่าจะมีปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ที่ 6,919.80, 13,839.60 และ 23,066.00 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อถึงปี ที่ 3, 6 และ 10 ตามลำดับ และเมื่อประเมินศักยภาพของการกักเก็บปริมาณคาร์บอนในเชิงเศรษฐกิจ โดยอ้างอิงราคาซื้อขายตลาดคาร์บอนในเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 โดย อบก. (2567ข) พบว่า จะมีมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ที่ 2,089,641, 4,179,282 และ 6,965,470 บาท ตามลำดับ จากราคารับซื้อเฉลี่ย 301.98 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อจะทำการขายในปีที่ 3, 6 และ 10 ปี ตามลำดับ โดยมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ระดับชุมชน เช่น การจัดตั้งกองทุนคาร์บอนเครดิตจากป่าชุมชนเพื่อแสดงศักยภาพของผลการวิจัยต่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ต่อไป

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนาม เพื่อประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าชุมชน ผลการวิจัยที่ได้ไม่เพียงแต่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์การศึกษา แต่ยังสะท้อนให้เห็นถึงความซับซ้อนของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณในภูมิอากาศแบบมรสุม ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีและแนวคิดทางนิเวศวิทยาป่าไม้ที่หลากหลาย ดังนี้

ลักษณะภูมิประเทศความสูงของป่าชุมชน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าป่าชุมชนมีลักษณะเป็นป่าเบญจพรรณบนภูเขา โดยมีความสูงตั้งแต่ 180 ถึง 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีความลาดลงจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ ทฤษฎีการแยกชั้นระดับความสูงของป่าเบญจพรรณ (Altitudinal zonation theory) ที่อธิบายโดย Khamyong et al. (2018) ซึ่งพบว่าป่าเบญจพรรณในภาคเหนือของประเทศไทยมักพบในระดับความสูง 50-500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยที่ความแตกต่างของระดับความสูงนี้สะท้อนให้เห็นถึงทฤษฎีการไล่ระดับสิ่งแวดล้อม (Environmental gradient theory) จากงานศึกษาของ Eshetu et al. (2020) ที่อธิบายว่า

ลักษณะภูมิประเทศเป็นปัจจัยกำหนดการกระจายของพันธุ์ไม้และมีอิทธิพลต่อศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของป่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kafle et al. (2025) ที่พบว่าปัจจัยทางภูมิประเทศ เช่น ระดับความสูง ทิศทาง และความลาดชันมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการกระจายตัวของพันธุ์ไม้และการสะสมคาร์บอน

ลักษณะการผลัดใบของป่าชุมชน ผลการศึกษาการผลัดใบในช่วงฤดูแล้งเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน พบว่าป่าจะผลัดใบมากที่สุดในเดือนมีนาคม ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของป่าเบญจพรรณ (Seasonal phenological theory) ผ่านการศึกษาของ Lamjiak et al. (2021) ที่ใช้เทคโนโลยี Machine learning ในการวิเคราะห์การตอบสนองของการผลัดใบต่อความแปรปรวนของภูมิอากาศในป่าเบญจพรรณของประเทศไทย พบว่าการผลัดใบมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนและปรากฏการณ์เอลนิญโญ มีผลทำให้ป่าเริ่มผลิใบในเดือนเมษายนเนื่องจากมีฝนตกลงมาในเดือนมีนาคม และการใช้ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation indices) จากดาวเทียม Sentinel-2 ในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับแนวทางที่ Grabska and Tymińska-Czabańska (2023) ที่ใช้ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของป่าเบญจพรรณ โดยพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) สามารถสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของใบไม้ในฤดูใบไม้ผลิได้อย่างแม่นยำ

การประเมินปริมาณกักเก็บคาร์บอน ผลการศึกษาพบว่าในแปลงทดลอง 1 ไร่ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 18.44 ตันคาร์บอนเทียบเท่า มวลชีวภาพรวม 10.10 ตัน แบ่งเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 7.95 ตัน และใต้ดิน 2.15 ตัน ตามลำดับ โดยการใช้สมการแอลโลเมตริก (Allometric equations) ในการประเมินมวลชีวภาพเป็นวิธีการมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง (Petsri & Pumijumnong, 2007)

ศักยภาพทางเศรษฐกิจของคาร์บอนเครดิต ผลการศึกษาประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้ราคาอ้างอิงจากตลาดคาร์บอนประเทศไทย (T-VER) ณ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 ที่ 301.98 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า การคาดการณ์รายได้ในปีที่ 3, 6 และ 10 อยู่ที่ 2.09, 4.18 และ 6.97 ล้านบาท ตามลำดับ ในการเข้าร่วมโครงการที่เกี่ยวกับการซื้อขายคาร์บอนเครดิตภาคป่าไม้ในประเทศไทยนั้น จะถูกควบคุมโดย อบก. ตั้งแต่การขึ้นทะเบียนการตรวจวัดและประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอน จนถึงการซื้อขายคาร์บอน ถ้าหากว่ามีการจะนำป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษาเข้าร่วมโครงการฯ จะต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการดังกล่าวซึ่งเป็นข้อจำกัดของชุมชนเอง ดังนั้นการส่งเสริมให้มีหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีศักยภาพ ร่วมโครงการจึงมีความสำคัญต่อการที่จะนำป่าชุมชนเข้าสู่ตลาดการซื้อขายคาร์บอนจึงมีความเป็นไปได้มากขึ้น สอดคล้องกับนโยบายของประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายการเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutralization) และ Net zero ภายในปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2608 ตามลำดับ มากว่านั้นภายในปี พ.ศ. 2580 พื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยมีพื้นที่อย่างน้อยร้อยละ 55 จากร้อยละ 32 ในปี พ.ศ. 2561 ซึ่งเท่ากับว่าต้องเพิ่มพื้นที่ป่าอีก 27 ล้านไร่ ดังนั้นโครงการซื้อขายคาร์บอนเครดิตภาคป่าไม้ จึงมีโอกาสที่จะสามารถเติบโตได้อีกในอนาคต (วิจัยกรุงศรีเจาะลึก “คาร์บอนเครดิต” กลไกพิชิตเป้าหมายความยั่งยืน, 2566) อย่างไรก็ตาม การตีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นเพียงการคาดการณ์ทางฉากทัศน์ (Scenarios expectation) เท่านั้น ไม่ใช่ค่าตายตัว

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้ พบว่า ลักษณะทางกายภาพและนิเวศวิทยาของป่าชุมชนเป็นป่าเบญจพรรณบนภูเขาที่มีความสูงตั้งแต่ 180-1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยมีการกระจายตัวแบบไล่ระดับจากทิศตะวันออก (สูงสุด) ไปทิศตะวันตก (ต่ำสุด) สอดคล้องกับทฤษฎีการแยกชั้นระดับความสูงของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ ซึ่งมีการผลัดใบตามฤดูกาลโดยบริเวณสันเขาซึ่งมีความสูงมากกว่า 500 เมตร มีการผลัดใบมากกว่าบริเวณที่ราบเชิงเขาการผลัดใบสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนมีนาคมและเริ่มผลิใบใหม่ในเดือนเมษายนตามฤดูฝน

สำหรับการกักเก็บคาร์บอนแปลงทดลองขนาด 1 ไร่ (208 ต้น) พบว่าสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 18.44 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์จากคาร์บอนเครดิตตามกรอบของ อบก. ด้วยราคาอ้างอิง ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2568 พบว่าป่าชุมชนทั้งหมด 2,428 ไร่ มีศักยภาพรายได้ 2.09-6.97 ล้านบาท ในระยะ 3-10 ปี ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวยืนยันว่าป่าชุมชนที่มีการจัดการอย่างมีส่วนร่วมสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ และมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นคาร์บอนเครดิตในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การพัฒนาแผนการจัดการป่าชุมชนเชิงบูรณาการโดยผ่านการจัดทำแผนการจัดการป่าชุมชนแบบมีส่วนร่วม ควรบูรณาการข้อมูลทางวิทยาศาสตร์กับภูมิปัญญาท้องถิ่นโดยกำหนดกิจกรรม เช่น การปลูกเสริมพันธุ์ไม้ การบริหารจัดการไฟป่าโดยใช้ดัชนีพรรณไม้ ระบุการผลัดใบในบริเวณสันเขาที่มีการผลัดใบมาก การอนุรักษ์พื้นที่ป่าหนาแน่นในบริเวณที่ราบเชิงเขา และการพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผลอย่างต่อเนื่องผ่านการใช้เทคโนโลยีดาวเทียม Sentinel-2 และ Google Earth Engine เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของป่าเป็นรายเดือน โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง

2. การนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาโครงการคาร์บอนเครดิต เช่น การใช้ข้อมูลในการจัดทำเอกสารพัฒนาโครงการ (PDD) เพื่อขอขึ้นทะเบียนโครงการ T- VER กับ อบก. ดังเช่น เรื่องการพัฒนาสมการแอลโลเมตริก สำหรับการประเมินชีวมวลในป่าเขตร้อน ให้มีความแม่นยำมากขึ้น จากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Chave et al. 2014)

3. การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ โดยการสร้างเครือข่ายป่าชุมชนระดับจังหวัดและภูมิภาคเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ความรู้ และเทคโนโลยีในการจัดการป่า พร้อมทั้งส่งเสริมบทบาทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการร่วมดูแลพื้นที่ป่าและสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกในระดับหมู่บ้าน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. มิติเชิงเวลา (Temporal dimension) ควรศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการกักเก็บคาร์บอนในช่วงเวลา 3- 5 ปี เพื่อสะท้อนพลวัตของระบบนิเวศและผลของการจัดการป่าชุมชน

2. มิติเชิงพื้นที่ (Spatial dimension) ควรขยายการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ป่าชุมชนให้มีความหลากหลายในแต่ละพื้นที่ เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพคาร์บอนในบริบทภูมิประเทศ รวมถึงการศึกษาโครงสร้างระบบนิเวศป่า การเปลี่ยนแปลง และแทนที่ชนิดพันธุ์ไม้ ตลอดจนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนภายใต้โครงการวิจัยที่ได้รับจัดสรรงบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ตามคำรับรองเลขที่ ววน. 029/ 2567

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. สำนักจัดการที่ดินป่าไม้. (2566). รายงานโครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2566. กรม. https://www.forest.go.th/land/รายงานโครงการจัดทำข้อ-12/

จุฑาพร ทองนุ่น, พิชิต ลาใย, สันติ สุขสอาด, และศุภศิษย์ ศรีอักขรินทร์. (2565). พลวัตป่าไม้และการกักเก็บคาร์บอนในช่วงเวลา 10 ปี ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติลาน้ำน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่. *วารสารวนศาสตร์ไทย*, *41*(2), 48-62. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/article/view/254443

ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2554) *การปรับสมการเพื่อประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของสวนป่าสักในประเทศไทย.* กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

ดำรงค์ ศรีพระราม, ลดาวัลย์ พวงจิตร, สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, สคาร ทีจันทึก, นรินธร จำวงศ์, ละอองดาว เถาว์พิมาย, และทิพวรรณ สังข์ทอง. (2554). *คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้.* องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงจิตร, และสาพิส ดิลกสัมพันธ์. (2553). การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวนศาสตร์*, *29*(3), 36-44. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/article/view/255736

วิจัยกรุงศรีเจาะลึก "คาร์บอนเครดิต" กลไกพิชิตเป้าหมายความยั่งยืน. (2566). ไทยพับลิก้า. https://thaipublica.org/2023/10/krungsri-research-on-carbon-credit/

ศศิธร เพชรแสน, สันติภาพ ศิริวัฒนไพบูลย์, ดารินทร์ ล้วนวิเศษ, วณิชยา จรูญพงษ์, และศริยา อินทสิน. (2566). ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและคาร์บอนเครดิตจากป่าชุมชนห้วยหินขาว ตำบลด่านศรีสุข อำเภอโพธิ์ตาก จังหวัดหนองคาย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, *11*(1), 109-125. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru/article/view/250767

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2566). *เอกสารการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก: โครงการด้านป่าไม้และการเกษตร*. องค์การ. https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-forest-agriculture.html

_____. (2567ก). *กลไกการลดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas mitigation mechanisms).* องค์การ. https://ghgreduction.tgo.or.th/th/less.html

_____. (2567ข). *ตลาดคาร์บอน (Carbon market).* องค์การ.https://carbonmarket.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=c2l0ZW1hcA==.

อิทธิพงศ์ วรรณลังกา, รุ่งเรือง พูลศิริ, และลดาวัลย์ พวงจิตร. (2558). มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในสวนไผ่ 4 ชนิดที่มีอายุลำต่างกัน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวนศาสตร์ไทย*, *34*(1), 65-75. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/article/view/250175

Chaiya, C. (2025). Empowering climate resilience: A people-centered exploration of Thailand's greenhouse gas emissions trading and sustainable environmental development through climate risk management in community forests. *Heliyon*, *11*, 41234.

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. C., Henry, M., Martínez-Yrízar, A., Mugasha, W. A., Muller-Landau, H. C., Mencuccini, M., Nelson, B. W., Ngomanda, A., Nogueira, E. M., Ortiz-Malavassi, E., ... Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, *20*(10), 3177-3190.

Eshetu, E. Y., & Hailu, T. A. (2020). Carbon sequestration and elevational gradient: The case of Yegof Mountain natural vegetation in northeast Ethiopia: Implications for sustainable management. *Cogent Food & Agriculture*, *6*(1), 1773976.

Filonchyk, M., Peterson, M., Zhang, L., Hurynovich, V., & He, Y. (2024). Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO_2, CH_4, and N_2O. *The Science of the Total Environment*, *935*, 173359.

Grabska, E., & Tymińska-Czabańska, L. (2023). Sentinel-2 time series: A promising tool in monitoring temperate species spring phenology. *Forestry*, *97*(1), 1-15.

Hermhuk, S., Chaiyes, A., Thinkampheang, S., Danrad, N., & Marod, D. (2020). Land use and above-ground biomass changes in a mountain ecosystem, northern Thailand. *Journal of Forestry Research*, *31*(6), 2373-2382.

IPCC. (2006). *Guidelines for national greenhouse gas inventories: Vol. 4. Agriculture, forestry and other land use*. Institute for Global Environmental Strategies.

Kafle, G., Ayer, S., Khamcha, R., Poudel, S., Prabhakar, A., Bhusal, A., Lamichhane, P., Airee, J., & Sapkota, T. (2025). Landscape-level assessment of topographic influences on organic carbon storage in forests of far western Nepal. *Plant-Environment Interactions*, *6*(2), e70024.

Khamyong, N., Wangpakapattanawong, P., Chairuangsri, S., Inta, A., & Tiansawat, P. (2018). Tree species composition and height-diameter allometry of three forest types in northern Thailand. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, *17*(3), 267-285.

Komiyama, A., Ogino, K., Aksornkoae, S., & Sabhasri, S. (1987). Root biomass of a mangrove forest in southern Thailand: 1. Estimation by the trench method and the zonal structure of root biomass. *Journal of Tropical Ecology*, *3*(2), 97-108.

Kutintara, U., Marod, D., Takahashi, M., & Nakashizuka, T. (1995). Growth and dynamics of bamboos in a tropical seasonal forest. In *Proceedings of International Workshop on the Changes of Tropical Forest Ecosystems by El Niño and Others* (pp.15-19). Royal Forest Department.

Lamb, W. F., Wiedmann, T., Pongratz, J., Andrew, R., Crippa, M., Olivier, J. G. J., Wiedenhofer, D., Mattioli, G., Khourdajie, A. A., House, J., Pachauri, S., Figueroa, M., Saheb, Y., Slade, R., Hubacek, K., Sun, L., Ribeiro, S. K., Khennas, S., De La Rue Du Can, S., ... Minx, J. C. (2021). A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018. *Environmental Research Letters*, *16*(7), 073005.

Lamjiak, T., Kaewthongrach, R., Sirinaovakul, B., Hanpattanakit, P., Chithaisong, A., & Polvichai, J. (2021). Characterizing and forecasting the responses of tropical forest leaf phenology to El Niño by machine learning algorithms. *PLoS ONE*, *16*(8), e0254333.

Limsakul, A., Kammuang-Lue, A., Paengkaew, W., Sooktawee, S., & Aroonchan, N. (2023). Changes in slow-onset climate events in Thailand. *Environmental Engineering Research*, *28*(3), 220563.

Michaelowa, A., Shishlov, I., & Brescia, D. (2019). Evolution of international carbon markets: Lessons for the Paris Agreement. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *10*(6), e613.

Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., & Kira, T. (1965). Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand: II. Plant biomass. *Nature and Life in Southeast Asia*, *4*, 49-80.

Ontl, T. A., Janowiak, M. K., Swanston, C. W., Daley, J., Handler, S., Cornett, M., Hagenbuch, S., Handrick, C., McCarthy, L., & Patch, N. (2019). Forest management for carbon sequestration and climate adaptation. *Journal of Forestry*, *118*(1), 86-101.

Pearson, T., Walker, S., & Brown, S. (2005). *Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects*. World Bank.

Petsri, S., & Pumijumnong, N. (2007). Aboveground carbon content in mixed deciduous forest and teak plantations. *Environment and Natural Resources Journal*, *5*(1), 1-10.

Poudel, T., Aryal, P. C., Khan, M. N. I., Roberts, N. J., Poudel, M. R., & Shrestha, D. G. (2025). Forest structure, diversity, and regeneration in a community-managed forest of Nepal: A model for carbon sequestration and sustainable management. *Plant-Environment Interactions*, *6*(1), Article e10175.

RECOFTC. (2025). *Trees4All monitoring website*. https://trees4allthailand.org/en

Rouse, J. W., Jr., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In S. C. Freden, E. P. Mercanti, & M. A. Becker (Eds.), *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium: Vol. 1. Technical presentations* (NASA SP-351, pp.309-317). NASA.

Thammanu, S., Han, H., Marod, D., Srichaichana, J., & Chung, J. (2021). Above-ground carbon stock and REDD+ opportunities of community-managed forests in northern Thailand. *PLoS ONE*, *16*(8), e0255163.

Uttaruk, Y., Khoa, P. V., & Laosuwan, T. (2024). A guideline for greenhouse gas emission reduction and carbon sequestration in forest sector based on Thailand voluntary emission reduction programme. *Sains Malaysiana*, *53*(4), 863-877.

Wannasingha, W., Gomontean, B., & Uttaruk, Y. (2023). Forest structures and carbon stocks of community forests with different forest management in Maha Sarakham Province, Thailand. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *24*(7), 3968-3976.

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

BRIDGING DIGITAL BUSINESS WITH LIFELONG EDUATION AND COMMUNITIES: A BUSINESS-EDUCATION MODEL FOR SOCIAL ENTREPRENEURSHIP AND SELF-SUFFICIENCY AT NAN COLLEGE, UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY, THAILAND

Received: August 5, 2025
Revised: October 9, 2025
Accepted: October 9, 2025

Woranutchanan Phongsurang[1*], Anurak Panyanuwat[2] and Juree Vichitdhanabadee[3]
[1]Interdisciplinary Studies College, Payap University, Chiang Mai, Thailand
[2]Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand
[3]Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand
*Corresponding author's email: Woranuttip1@gmail.com

Abstract

The objectives of this study were to synthesize the stakeholders' prioritized needs of Nan College, a regional satellite of Uttaradit Rajabhat University (URU), to develop its business-education master plan for social entrepreneurship and self-sufficiency; and to test the master and strategic plan appropriateness within the education and social entrepreneurship for self-sufficiency of Nan College. A qualitative research technique was mainly applied to conduct this study with 5 groups of stakeholders and experts- namely, university executives and council members, administrators and faculty members of Nan College, local government and private sector representatives in Nan Province, Grade 12 students from local public schools, and experts in higher education and educational business. Those people were regarded as the stakeholders which were selected from a list of people concerned with Nan College affairs. The purposively selected stakeholders and experts functioned as the key informants and were involved in the model testing and verification. Data collection methods included using questionnaires, in-depth interviews, participant observation, expert seminars, and focus group discussions. Statistical analysis and qualitative content analysis were performed. Content analysis was employed for category identification relevant to the research objectives. The findings indicated that there was a gap between the needs of the URU and stakeholders, resulting in a decision on an integrated digital lifelong education teaching and learning method in Nan Province. The college and URU should reinvent themselves in line with an education business-based approach, fostering social entrepreneurship and self-sufficiency, based on the results of the integrated Triple Bottom Line (TBL), Systems Theory, and PESTLE analysis under the CIPP Model of the Nan College context. A master plan was developed and tested. It contained an integrated characteristic of social entrepreneurship, self-sufficiency, digital lifelong education, and sustainability. Consequently, the study

established an empirically grounded operational strategy for social business within a hybrid digital and conventional education ecosystem. All the plan's components and strategies were found appropriate and viable in transitioning the college into a self-reliant educational and business institution across economic, environmental, social, and systemic dimensions. Policy, academic, and strategic recommendations were proposed to ensure holistic and interdisciplinary development across URU's knowledge domains.

Keywords: Business-education master plan for social entrepreneurship and self-sufficiency,
Digital lifelong learning strategies at Nan college,
Social entrepreneurship in higher education

Introduction

An unpredictable number of factors have affected higher education since the 21st century, both in the Thai and global contexts. Most institutions are rapidly facing digital transformation pressure to integrate AI, big data, applications, and online platforms into their teaching, learning, and curriculum design processes. Additionally, there is a lack of teaching and administrative staff's digital competency and infrastructure to cope with the digital transformation and technological disruption, and inequality (Selwyn, 2021; Williamson & Eynon, 2020). The latter has happened in terms of gender, rural/urban dividision, and socioeconomic status (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2021). In Thailand, an aging population, rising rate, and shrinking youth cohorts have occurred in a similar tendency to those of Japan, Germany, and most parts of Southeast Asia, leading to institutional under-enrollment (Marginson, 2016)

Nan College, a satellite campus of URU located in northern Thailand, exemplifies both the challenges and potential of regional institutions. Despite the resource limitations and declining enrollments, it benefits from strong community ties, cultural capital, and a decentralized operating structure. While Nan College can currently sustain operations, business-based analysis reveals critically low self-generated income. Nearly 73% of funding comes from URU and the government. This is financially unsustainable for long term.

However, projections indicate the potential for increased revenue if strategic reforms are adopted. Yet, there is no strategic reform policy indicated at the URU council or even at the college level.

However, a review of relevant literature and research indicated that there had been studies on strategic management in higher education institutions (Kotler & Murphy, 1981) and the concept of the "Entrepreneurial University". These studies revealed an emphasis on income generation and organizational agility but remained a practical gap among academics. This gap here refers to the limited application of these concepts in local campus settings, which often face resource constraints and unique contextual challenges, particularly the URU's Nan College.

Simultaneously, although the concept of "Social Entrepreneurship" has been widely discussed in the development of social enterprises (Dees, 1998; Zahra et al., 2009). Its application in the context of public higher education institutions remains scarce. There has been a lack of a strategic plan that simultaneously addresses both organizational financial sustainability and local community well-being for Nan College and URU in their long-term plan (Uttaradit Rajabhat University, 2025). This represented a contextual gap that has not yet been sufficiently explored. Furthermore, sustainability assessment in the education sector might need to use frameworks like the Triple Bottom Line (Elkington, 1994), or strategic tools such as the TOWS Matrix or the Balanced Scorecard (Kaplan & Norton, 1996) in their planning and implementation process. Most of them are mainly put on the private business sector. Applications in the context of regional educational

institutions are rare, thus revealing a methodological gap. This gap necessitates the development of context-appropriate methodologies for public educational organizations in rural areas.

In a discussion section with the experts during the study field work in Nan College, they suggested to apply the Transition Theory and PESTLE analysis to reinforce the Triple Bottle Line (TBL) theory in this research's model development process. They said "the integrated TBL, Transition Theory and PESTLE analysis will help the model developer's concept in serving the process as its critical tool for examining how people navigate periods of disruption and transformation the developed model in the future. Whether in the context of personal development, career progression, healthcare, or education, understanding transition processes is vital for designing responsive, supportive, and empowering environments" (Fieldwork's workshop for data collection among the experts in Nan College, 1-2 February 2025).

A preliminary study's collective result through an URU stakeholders and expert group discussion in 1-2 February 2025 at Nan College proposed a business-oriented management approach that incorporated social entrepreneurship to generate income, resulting in mitigating management risks. The study found that this approach has practical applicability in enhancing financial sustainability and improving the quality of life for the Nan College community, based on its developed and tested model of the S-O-C-I-A-L Model (Strategic alignment, Ownership, Collaboration, Innovation, Accountability, Lifelong Learning). However, the study has not yet proposed any master or strategic plan for the model's implementation. Therefore, this research focuses on investigating how Nan College can reposition itself as a business-oriented, community-integrated higher education institution that grounds in lifelong learning and digital innovation, as a practical master plan and strategic plan.

Some significant knowledge gaps have been found as follows. While Triple Bottom Line (TBL) and Systems Theory have been extensively applied in business contexts, their integrated application in small-scale, regionally embedded higher education institutions remains underexplored (Norman & MacDonald, 2004; Skyttner, 2005). Most sustainability frameworks in education focus on either environmental sustainability or institutional management independently. There is limited empirical evidence on social entrepreneurship in public higher education, particularly satellite campuses with resource constraints, which remains insufficiently researched (Dees, 1998; Zahra et al., 2009). The gap is particularly pronounced in Southeast Asian contexts where cultural, economic, and policy factors differ significantly from Western models (UNESCO, 2021). Additionally, current literature lacks comprehensive models that effectively integrate digital transformation with lifelong learning strategies in resource-constrained regional institutions. While studies exist on digital education (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2021) and lifelong learning principles (Panyanuwat, 2005; UNESCO, 2022), few examine their synergistic application within hybrid traditional-digital pedagogical platforms in developing country contexts.

Research Objectives

1. To synthesize the stakeholders' prioritized needs of Nan College, a regional satellite of Uttaradit Rajabhat University,

2. To develop its business-education master plan as social entrepreneurship and self-sufficiency.

3. To test the master and strategic plan appropriateness within the educational and social entrepreneurship for the self-sufficiency of Nan College.

Research Methods

This study received an "Institutional Review Board's approval with a certificate number "COP 68/005", on January 21, 2025, from Payap University. This qualitative study was conducted in 3 main sequential steps as follows.

1. The population consisted of 6 groups of people including 12 university executives, 6 experts from 5 universities, 34 Nan College executives and teaching staff, 32 Nan provincial and community stakeholders and 187 Nan College's students, who enrolled in 2025.

A cluster random sampling technique was used to select 44 fourth-year students, while other key informants from the province and community were selected in line with the criteria set as the representatives of the networking agencies concerned with Nan College.

2. This study applied a rapid rural appraisal (RRA) in collecting data and current situations with 5 groups of stakeholders and experts. This study prioritized testing all data collection instruments for content validity and reliability with a different group representing the entire study sample. Then, the tested instruments were modified for better mutual understanding among all respondent samples.

Two sets of interview formats and in-depth interviews were employed to collect data from those key informants for the first round after literature review, while focus group discussions were used with the experts for the master and strategic plan judgment. Then, five selected samples from each group were involved in the final workshop for testing the appropriateness of the master and strategic plan that was developed in the following session. At last, 25 representatives were involved in a workshop as an expert judgement process for the master and strategic plan, with some more recommendations for modification.

The study synthesized institutional data gathered from documentary surveys and analysis, stakeholder interviews, and environmental scans to map Nan College's assets. The assets were then categorized according to Triple Bottom Line (TBL) (Elkington, 1994; Slaper & Hall, 2011), Systems Theory (Checkland, 1999; Skyttner, 2005; von Bertalanffy, 1972), and PESTLE Analysis for strategic planning. Content analysis was employed for the master and strategic plan categories and identification relevant to the research objectives and conceptual framework of the study. Then, the notion "Social Entrepreneurship" (Dees, 1998; Zahra et al., 2009) was applied to emphasize a mission-driven business-based education model that could pinpoint social problems while ensuring financial sustainability of Nan College, while TBL functioned to evaluate organizational performance based on economic, social,

and environmental outcomes. However, an AI application on information source search was conducted under the close control of this study.

In response to this study's second objective, it integrated TBL and systems theories to form a multidimensional and dynamic approach to studying the institutional transformation of Nan College. This was a sequential means to provide an asset-based, theory-informed master plan grounded in the stakeholders' needs and community data. There were several advantages to TBL selection in facilitating a comprehensive assessment across economic, environmental, and social domains. Meanwhile, system theory would enhance the understanding of complex relationships among institutional units' functions, competencies, and their environments. Together, they would offer a pragmatic systemic model for self-sufficiency and social business program planning and development. URU's Nan College, with its vision of fostering social entrepreneurship, requires a strategic marketing and management framework. So, the study drew upon other interrelated concepts and theories and was supported by "Lifelong and Self-Directed Learning" (Knowles, 1975; UNESCO, 2021). It was intended to facilitate adult learners to continuously acquire competencies to adapt and thrive across life transitions, because all Nan College's potential learners would be adults.

With the concepts mentioned above, this study crystallized the collective concepts from a group of 25 experts to integrate the applicability of Philip Kotler's 7Ps and Marketing Mix 4.0, Peter Drucker's Management by Objectives (MBO) and business theories, and Michael Porter's Five Forces to formulate a conceptual framework for master plan and strategic plan development (Drucker, 2007; Kotler et al., 2017; Porter, 2008). Then, the CIPP Model (Stufflebeam & Coryn, 2014) was applied to formulate a conceptual framework for this study.

The Nan College's identified and prioritized needs were synthesized to develop a master plan and strategic plans based on the business-based education of its scenario, working as the URU's offline campus platform. Business administration theories and concepts were applied to develop the master plan's characteristics, components, driving mechanisms, and conditions. Then, all plans' appropriateness was tested and verified by using an expert judgment approach (Figure 1).

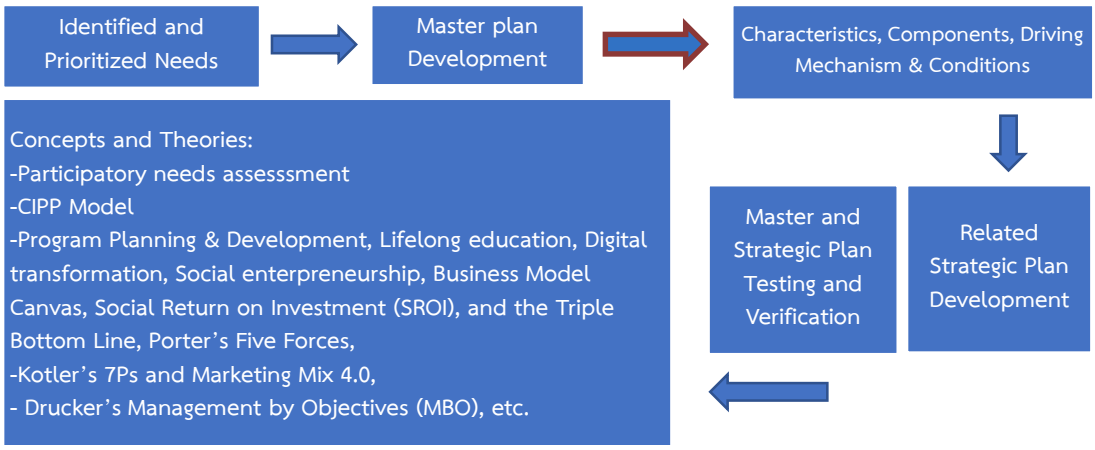


Figure 1 Conceptual Framework of the Study

Research Results

The findings indicated a wide gap between the needs of the URU and stakeholders, resulting in a decision to develop an integrated digital adult and lifelong education teaching and learning method in Nan Province. The results from the experts revealed that there was an urgent need to reinvent Nan College for self-reliance under the fiscal and limited student enrollment constraints, digital transformation, and technological disruption. URU should also reinvent itself in line with the education business-based model for social entrepreneurship and self-sufficiency with suitable personnel's vision and competency.

The findings emerged from the stakeholders and experts developed 3 College scenario cases as follows. The "Best-Case Scenario" for 100 percent should be self-reliance and full financial independence with additional revenue of 12,307,319 THB from the Government. The approach should be an expanding program offering more courses, increase operational costs, but achieve full independence, with a 4-year break-even for self-reliance. The S-O-C-I-A-L Model Scenario could gain 75 per cent of self-reliance, 25 per cent support from URU, with additional revenue of 9,230,490 THB. The approach should be based on partnering with other URU units, expanding the client base, and diversifying revenue streams, with a 3-year break-even for self-reliance. Thirdly, the "Worst-Case Scenario" should be 50 per cent of self-reliance, with 50 per cent support from URU, with additional revenue of 6,153,660 THB. The approach should be office cost reduction and partial integration of growth strategies, with a 2-year break-even for self-reliance. However, there must be "Revenue Enhancement Strategies" for the 3 main issues - asset utilization, human capital, and business ventures.

The documentary analysis indicated that, firstly, the current resource management at Nan College was constrained by rigid bureaucratic structures, URU policy implementation neglect, and state regulations. Secondly, those factors limited their responsiveness and autonomy, indicating a need for reform. Then, the researcher and experts synthesized that six strategic conditions as the key management issues were identified as that 1) university policy reform, 2) strong leadership, 3) financial self-management, 4) social enterprise–driven educational business, 5) market adaptation with innovation, and 6) operational efficiency encompassing risk management, staff capacity building, and the integration of lifelong learning through distance and interdisciplinary platforms. The proposed concept and model were validated by stakeholders, experts, and administrators' consultation, confirming their viable applicability and feasibility. It was the "S.O.C.I.A.L." model (Strategic alignment, Ownership, Collaboration, Innovation, Accountability, Lifelong learning) (Table 1). It was confirmed as a strategic management framework for promoting operational efficiency, financial sustainability, and enhancing community well-being at Nan College. The findings led this study to develop a master plan and social business-based operational strategies with a recommended application to Nan College.

Table 1 The S.O.C.I.A.L. Strategic Framework for Nan College

Letter	Concept	Application to Nan College
S	Strategic Alignment	Formulate a strategic plan that aligns Nan College's objectives with those of the parent university.
O	Ownership & Autonomy	Promote community engagement and shared ownership in institutional planning and governance.
C	Collaboration	Initiate collaborative projects with local administrative organizations, private sectors, government agencies, and culturally grounded community groups.
I	Innovation	Leverage technology to design and manage future-oriented curricula focused on essential skills.
A	Accountability	Establish transparent monitoring, auditing, and reporting systems using blockchain technology.
L	Lifelong Learning	Develop flexible, credit-transferable curricula that respond to the needs of learners across all age groups.

Additionally, there were three sequential steps in developing the master plan process. First, the "S.O.C.I.A.L" model among the stakeholders and experts was reviewed by using a group discussion process with mutual understanding and design. Based on the field survey, identified needs, and theoretical integration, the study characterized URU's Nan College's master plan relating to the "S.O.C.I.A.L" model as previously proposed. The six strategic conditions as mentioned above were confirmed by the stakeholders' and experts' judgment. The main driving mechanism, mediating the model's components in terms of the administrative and academic inputs, is the process. It was suggested in the form of integrating business and marketing strategies for the College's operations. This study developed the master plan structure as the sequential issues: vision, policy, missions, strategic plans, monitoring and evaluation plans, while its strategic plans would include the S.O.C.I.A.L. strategic framework for Nan College's suggested application. The master plan development process was significantly applied from the review results of the program planning and development process. Secondly, as for conceptualizing of the master plan, the master plan development process consisted of 3 sequential steps. The first step was the study integrated Triple Bottom Line (TBL) and Systems Theory within the CIPP Model, and Nan College's context. The second was that PESTLE Analysis was applied as a strategic management tool for evaluating the external macro-environmental factors that might impact an organization or educational provision system. The third was that when applying PESTLE to the transformation of education systems, particularly in integrating digital learning and lifelong education, each domain helped identify opportunities and constraints that must be managed for successful reform. PESTLE Analysis was

integrated within the CIPP Model as well as in the master plan development regard. Benefits of Integrating PESTLE with CIPP would function as the master plan four pillars: 1) comprehensive analysis by combining internal program evaluation with external environmental factors for a holistic understanding of educational transformation challenges; 2) strategic alignment for assuring educational initiatives align with broader societal, economic, and political contexts, increasing relevance and sustainability; 3) risk mitigation by identifying potential barriers across multiple domains before implementation, allowing for proactive planning and adaptation; and 4) enhanced decision-making by providing structured data from both internal and external sources to inform evidence-based decisions in educational transformation. PESTEL Analysis's acronym stands for political, economic, social, technological, legal, and environmental aspects.

Following the above six factors, the stakeholders and experts, who joined in the seminar and discussion, came to a conditional suggestion for Nan College's role shift. The College should be modified to be capable enough in identifying the driving mediating conditions of master plan development, focusing on educational transformation itself from a conventional type to digital lifelong education with a global commitment to the UN's SDG 4. Consequently in implanting the master plan, URU and Nan College would face 1) an economic investment in EdTech infrastructure and affordability of digital devices; 2) changing learner demographics (aging society), social equity, and accessibility of digital learning; 3) application competency development in technological use of AI, learning management systems (LMS), and mobile learning platforms; 4) legal compliance with data protection laws (e.g., GDPR), and accreditation of online degrees; and 5) promoting e-learning as a greener alternative, integrating environmental sustainability in curricula and practical business-based education in terms of social entrepreneurship.

Thirdly, as for designing master plan and strategic plans, this study conducted a focus group in an expert and key informant seminar on "Policy Establishment for the College and URU Paradigm Shift". This seminar resulted in a business-education master plan, which consisted of characteristics, components of inputs and processes, with mediating and driving mechanisms under tangible and suitable conditions, leading to the plan's goals. The characteristics were based on "an integrated characteristic of social entrepreneurship, self-sufficiency, digital lifelong education, and sustainability." The components and processes were designed in line with the above-mentioned on "the PESTLE Analysis with CIPP Model". That integration would function as the master plan's six pillars of the PESTLE. Consequently, the study established an empirically grounded operational strategy for social business within a hybrid digital and conventional education ecosystem. However, the PESTLE framework (sometimes written as PESTEL) is an environmental scanning tool used in strategic management to analyze external factors that may influence an organization. It usually has six pillars of political, economic, social, technological, legal, and environmental pillars. Then, vision was developed as "Nan College as a self-reliant, socially innovative learning hub aligned with local needs". Moreover, strategic plans were developed. There were 6 strategic plans to follow the above strategic plan synthesis

as follows. They consisted of 1) social enterprise incubation plan: developing campus-based business labs and implementations; 2) integrated curriculum development plan: embedding entrepreneurship across URU disciplines; 3) sustainable infrastructure upgrading for practicability: using green buildings and ICT tools with AI and digital platform linkage between Nan College, URU and partnership network; 4) participatory governance fortification: establishment of community engagement with stakeholders, partnerships, people, and marketing mix; 5) hybrid pedagogy and andragogy through distance and satellite agencies: establishment of blended digital platforms with hands-on local learning relevant to needs and future self-adjustment; and 6) program planning and monitoring, evaluation, and feedback for improvement, including income-generating activities. The master plan's implementation timeline should cover 2025–2029.

The findings revealed that while testing the developed plans' appropriateness, the majority of experts mutually agreed that transforming Nan College into a socially embedded, digitally enabled, and financially self-reliant educational institution was both timely and strategic. This hybrid education-business master plan would foster localized development, prepare citizens for the digital economy, and reflect global best practices in community-based education.

Discussion

Regarding selection of theories and approaches, this study found that the application of a participatory approach in its research methodology could produce tangible and intangible scenarios of the stakeholders' needs and Nan College, suitable for the PESTLE's 6 pillars (Aguilar, 1967; Elkington, 1994) and the CIPP Model (Stufflebeam & Coryn, 2014). The gap between the needs of the URU's Nan College and stakeholders affected a decision to develop an integrated digital adult and lifelong education teaching and learning method in Nan province. The results led to an urgent need to reinvent Nan College for self-reliance under the constraints of fiscal and limited student enrollment, digital transformation, and technological disruption. This study focused on reinventing Nan College in line with the business-based education model for social entrepreneurship and self-sufficiency with a special relevance to lifelong education concept (UNESCO, 2022).

Responding to this second research objective, the conceptual and theoretical framework development was aware of the selection reasons. TBL was selected to align institutional development with sustainability goals and community impact, while systems theory supported holistic, adaptive design within interconnected academic and community ecosystems. Systems Theory represented a foundational conceptual framework that facilitated the analysis of complex phenomena through a holistic lens (von Bertalanffy, 1972). At the core of Systems Theory, there were several key principles consisting of holism, where the whole was greater than the sum of its parts; interdependence, which implied that changes in one part of a system could influence the entire structure; feedback, both positive and negative, which regulated system behavior and adaptation; and equifinality which referred

to the concept that systems could reach similar outcomes through different pathways. These principles were instrumental in advancing our understanding of dynamic systems that must adapt to internal and external stimuli.

This study analyzed that their synergy could provide both strategic breadth and operational depth needed to realize social entrepreneurship and self-reliance at Nan College. Consequently, both theories were integrated to develop the conceptual framework under the CIPP Model for developing the Nan College's master and strategic plans.

As for master plan development, the business-education master plan was developed as a strategic and integrated business administration and marketing plan into the higher education services of Nan College, a sub-campus of URU in Thailand. The characteristic of the plan was a social entrepreneurship education for self-reliance and sufficiency which was reinforced by a digital transformation and inter-agency cooperative platform among the URU's academic units. Based on the CIPP model (Stufflebeam & Coryn, 2014), its components consisted of relevant inputs relevant to academic factors, organizational administration, personnel competency management, teaching and learning environment and digital transformation platform, and risk management. Its process was related to lifelong teaching and learning relevant to a developed curriculum-business-oriented toward social entrepreneurship. The driving mechanism consisted of personnel and mediating competency in specific and participatory purposes, under conditions varied to academic and administrative purposes for effective outcomes and impacts.

In sum, this study provided a temporal roadmap that respected institutional rhythm while enabling systemic change. It affirmed the concept of equifinality-multiple pathways to institutional transformation (Skyttner, 2005). Each phase built cumulatively, starting from groundwork (pilot and curriculum) to infrastructural readiness, entrepreneurial mobilization, evidence-based assessment, and final integration. Strategically, this sequence mirrored a "learning organization" cycle. It invited real-time feedback and values emergent knowledge. Academically, it allowed flexibility for faculty and administrative stakeholders to synchronize innovation cycles within different knowledge domains-such as education, management, agriculture, and IT-particularly when blended learning is part of the educational model.

Furthermore, the scenario analysis of risks and impact considerations could be discussed in 5 aspects, without ignoring the integrated approach grounded in social entrepreneurship, digital lifelong learning, and financial self-sufficiency; otherwise, it would likely result in continued institutional fragility and diminished social impact.

The implications of this study extended beyond theoretical contributions to practical impacts at multiple levels. At the learner and community level, the developed master plan enhanced access to digital lifelong learning and creates pathways for adult learners in Nan province to acquire entrepreneurial skills and competencies that directly supported employability and community well-being (Knowles, 1975; UNESCO, 2022). At the organizational level, the plan

established a framework for Nan College and URU to transition from heavy reliance on government funding toward financial self-reliance by embedding social entrepreneurship and diversified revenue strategies within the institutional fabric. The integration of Systems Theory and the Triple Bottom Line ensured that management processes were both holistic and adaptive, enabling stronger governance, risk management, and sustainability outcomes (von Bertalanffy, 1972; Elkington, 1998). At the policy and regional level, this study offered a scalable model for similar satellite campuses in Thailand to reposition themselves as socially engaged, self-sufficient institutions, aligning with the national agenda for higher education transformation (Kotler & Murphy, 1981; Porter, 2008; Uttaradit Rajabhat University, 2025). These impacts confirmed the study's significance in bridging educational provision, organizational reform, and community development within resource-constrained settings.

Conclusion and Suggestions

The S.O.C.I.A.L. model, master plan, and strategic plans could be applied for reinventing the overall replanning of Nan College's and URU's education-business-based approach for curriculum development and management by means of lifelong education and self-sufficiency.

By integrating TBL, Systems Theory, and PESTLE Analysis to lead a mechanism of the whole conceptual framework of this study, Nan College could mobilize its diverse assets for impactful, self-reliant, and socially driven education. This transformation would require strategic coordination across policy, curriculum, infrastructure, and stakeholder systems, contributing to a scalable model for other Rajabhat institutions.

The strategy matrix functioned as a bridge between strategic intentions and available institutional capacities. It embodied the principle of "strategic fit" within the organizational systems lens. Each checkmark indicated not just alignment, but a potential value-creation loop-where assets like cultural capital or green infrastructure directly informed targeted interventions such as heritage-based enterprise or sustainable campus design.

This matrix revealed how interdisciplinary resources could be activated across multiple knowledge bodies within URU, enabling cross-faculty synergies and deeper learner-community engagement. In essence, it translated complexity into action, fulfilling Systems Theory's tenet of holism.

Recommendation for using to benefit

This developed master plan indicated the strategic plan's viability of the college by integrating with lifelong education and community development concepts. Drawing on interdisciplinary frameworks including various main business-based education theories and concepts, the study proposed a master and strategic plan of business-education hybrid rooted in local wisdom, digital andragogy with various teaching techniques and channels, and social entrepreneurship for sustainable development. The result of an expert judgment on the model

appropriateness was unanimously accepted. The college transformation into a community-engaged, business-education enterprise, targeted investment, collaborative governance, and strategic curriculum redesign were strongly recommended for the college to work with the mutual participation of stakeholders, agencies, and communities.

Recommendation for future research

This study strongly recommended Nan College and URU develop a lesson learnt from this study's PAR and PRA technique for designing the relevant further research in tangible and intangible environmental utilization of Nan College for self- sufficiency and sustainability, with a holistic view of social, economic and environmental aspects.

Some future research and master plan implementation should be recognized as an integral part of URU's Nan College reinvention relating to these study findings. Recommendations are laid out here as a guideline to do so as follows.

1. At the policy level, URU should support blended education infrastructure through provincial and national investment, leading to social entrepreneurship for self-help, self-reliance, and self-sufficiency of Nan College. Then, the College should formalize social enterprise as a function within the university charters.

2. At the academic level, URU should promote transdisciplinary research on sustainability and entrepreneurship, to encourage open-access knowledge dissemination platforms via the digital lifelong education principle.

3. At the strategic level, URU should establish a Nan Social Business Hub with URU-wide engagement with the community and partnership, particularly the potential learners. Nan College should seek to build joint credentials and micro-certifications on social innovation for local farmers, arts and craft producers, with marketing for self-sufficiency. In the meantime, its natural resources should be utilized, such as carbon credit issues, and conservation for sustainability.

4. The study results in an integration of cross-disciplinary theories and concepts for the education-business-based model and master plan should be applied for further modification for other higher education institutes' program planning and development for self-sufficiency.

References

Aguilar, F. J. (1967). *Scanning the business environment*. Macmillan.

Checkland, P. (1999). *Systems thinking, systems practice*. Wiley.

Dees, J. G. (1998). *The Meaning of Social Entrepreneurship*. Stanford University.

Drucker, P. F. (2007). *The practice of management*. Routledge.

Elkington, J. (1994). Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. *California Management Review, 36*(2), 90–100. https://doi.org/10.2307/41165746

_____. (1998). *Cannibals with forks: Triple bottom line of 21st century business*. New Society.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The balanced scorecard: Translating strategy into action*. Harvard Business Review Press.

Knowles, M. S. (1975). *Self-directed learning: A guide for learners and teachers*. Prentice Hall.

Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2017). *Marketing 4.0: Moving from traditional to digital*. John Wiley & Sons.

Kotler, P., & Murphy, P. E. (1981). Strategic planning for higher education. *The Journal of Higher Education*, *52*(5), 470–489. https://doi.org/10.1080/00221546.1981.11778119

Marginson, S. (2016). *The dream is over: The crisis of Clark Kerr's California Idea of higher education*. University of California Press.

Norman, W., & MacDonald, C. (2004). Getting to the bottom of "Triple Bottom Line". *Business Ethics Quarterly, 14*(2), 243–262. https://doi.org/10.5840/beq200414211

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *OECD Digital education outlook 2021: Pushing the frontiers with AI, blockchain, and robots*. https://doi.org/10.1787/589b283f-en

Panyanuwat, A. (2005). *Pluralistic approaches to community studies: Lessons from field research*. Project to enhance learning for a happy community. https://dol.thaihealth.or.th/Media/Index/41f7b4a8-c9ed-e711-80e3-00155d65ec2e (In Thai)

Porter, M. E. (2008). The five competitive forces that shape strategy. *Harvard Business Review*, *86*(1), 78–93.

Selwyn, N. (2021). *Education and technology: Key issues and debates* (3rd ed.). Bloomsbury.

Skyttner, L. (2005). *General systems theory: Problems, perspectives, practice* (2nd ed.). World Scientific.

Slaper, T. F., & Hall, T. J. (2011). The triple bottom line: What is it and how does it work. *Indiana Business Review*, *86*(1), 4–8.

Stufflebeam, D. L., & Coryn, C. L. S. (2014). *Evaluation theory, models, and applications* (2nd ed.). Jossey-Bass.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707

_____. (2022). *Lifelong learning opportunities for all: medium-term strategy 2022–2029*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380778.locale=en

Uttaradit Rajabhat University. (2025). *Five-year strategic plan (2024-2028)*. Uttaradit Rajabhat University.

von Bertalanffy, L. (1972). *General system theory: Foundations, development, applications* (Rev. ed.). George Braziller.

Williamson, B., & Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, *45*(3), 223–235. https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995

Zahra, S. A., Gedajlovic, E., Neubaum, D. O., & Shulman, J. M. (2009). A typology of social entrepreneurs: Motives, search processes and ethical challenges. *Journal of Business Venturing*, *24*(5), 519–532. https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2008.04.007

การพัฒนากระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและยกระดับผลิตภัณฑ์ชุมชน

วันที่รับ: 21 พฤษภาคม 2568
วันที่แก้ไข: 12 สิงหาคม 2568
วันที่ตอบรับ: 4 กันยายน 2568

พรสวรรค์ อมรศักดิ์ชัย*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
จังหวัดนครปฐม
*Corresponding author e-mail: pornsawan.amo@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้มีคุณภาพ ความคงตัว และเหมาะสมสำหรับการผลิตในระดับชุมชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อแทนการผสมด้วยแรงงานคน จากนั้นจึงทำการทดสอบคุณภาพของยาสีฟันที่ได้จากสูตรและกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้น และถ่ายทอดองค์ความรู้ดังกล่าวให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่าพระฝั่งคลอง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยใช้วัตถุดิบสมุนไพรจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ การศึกษาประกอบด้วยการวัดความชื้นของสมุนไพรแห้ง การปรับสัดส่วนกลีเซอรีน การใช้สารยึดเกาะคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และการใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อแทนการผสมด้วยแรงงานคน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่า สูตรที่มีกลีเซอรีนร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ให้เนื้อสัมผัสและความชุ่มชื้นที่ดี โดยไม่จำเป็นต้องเติมสารยึดเกาะเพิ่มเติม การใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อช่วยลดระยะเวลาการผลิตจาก 4 ชั่วโมง เหลือ 20 นาที และเพิ่มปริมาณการผลิตต่อรอบจาก 2 กิโลกรัม เป็น 4 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า pH อยู่ในช่วง 8.5–8.7 มีเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่แยกชั้น และคงสภาพได้ดีหลังการทดสอบในสภาวะเร่ง ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มเป้าหมายทำให้กลุ่มสามารถผลิตได้เอง ควบคุมคุณภาพได้ดี และเพิ่มกำลังการผลิตจาก 50 กระปุกต่อเดือน เป็น 300 กระปุกต่อเดือน การวิจัยครั้งนี้จึงมีส่วนช่วยยกระดับผลิตภัณฑ์สมุนไพรของชุมชน สร้างรายได้และความเข้มแข็งแก่เศรษฐกิจในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ยาสีฟันสมุนไพร, วิสาหกิจชุมชน, การพัฒนากระบวนการผลิต, ความคงตัวของผลิตภัณฑ์, เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

DEVELOPMENT OF A COMMUNITY-BASED HERBAL TOOTHPASTE PRODUCTION PROCESS FOR ENHANCED EFFICIENCY AND PRODUCT QUALITY

Received: May 21, 2025
Revised: August 12, 2025
Accepted: September 4, 2025

Pornsawan Amornsakchai*
Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Rattanakosin,
Nakhon Pathom, Thailand
*Corresponding author e-mail: pornsawan.amo@rmutr.ac.th

Abstract

The objectives of this study was to develop the formula and production process of an herbal toothpaste for a community enterprise group to enhance product quality, stability, and suitability for community-scale production. The study focused on improving production efficiency by using a whisk-type mixer instead of manual mixing. The developed formulation and process were then evaluated for product quality before transferring this knowledge to the Thapra Fangklong Community Enterprise Group in U Thong District, Suphanburi Province, for sustainable production. The research was conducted with an experimental approach using herbal raw materials obtained from the community group. All experiments were carried out in a laboratory. The study involved measuring the moisture content of dried herbal powders, adjusting the proportion of glycerin, testing the addition of carboxymethyl cellulose (CMC) as a binder, and replacing manual mixing with a whisk-type mixer. Data were analyzed descriptively using mean and standard deviation. The results showed that the formulation containing 30% glycerin by weight provided desirable texture and moisture content without the need for additional binder. The use of a whisk-type mixer reduced the production time from 4 hours to 20 minutes and increased the production volume per batch from 2 kg to 4 kg. The final product exhibited a pH of 8.5–8.7, a smooth texture with no separation, and maintained stability under accelerated storage conditions. The transfer of knowledge enabled the community group to independently operate the mixing equipment, effectively control moisture, and improve product quality. Moreover, the production capacity increased from 50 jars per month to 300 jars per month. This study demonstrated the potential of applying research findings to upgrade community herbal products, generate income, and strengthen the local economy sustainably.

Keywords: Herbal toothpaste, Community enterprise, Production process improvement, Texture stability, Whisk mixer

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพในชีวิตประจำวัน เช่น ยาสีฟันสมุนไพร ซึ่งมีจุดเด่นด้านความปลอดภัยจากสารเคมีสังเคราะห์ และใช้วัตถุดิบธรรมชาติที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นสินค้าชุมชน (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2565; Mangilal & Ravikumar, 2016)

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่าพระฝั่งคลอง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นกลุ่มผู้ประกอบการที่เกิดจากการรวมตัวของแม่บ้านในชุมชน ซึ่งมีเป้าหมายในการใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์ โดยเลือกพัฒนาและผลิตผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรพื้นบ้านที่หาได้ง่ายในพื้นที่ เช่น ข่อย ขิงชี่ กานพลู และแห้วหมู ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ ต้านการอักเสบและระงับกลิ่นปาก (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2561; Škrinjar & Nemet, 2009) ทางกลุ่มได้เริ่มผลิตยาสีฟันสมุนไพรชนิดกึ่งแข็ง โดยใช้สูตรสมุนไพรดั้งเดิมและกระบวนการผสมด้วยแรงงานคน มีช่องทางการจำหน่ายในรูปแบบออฟไลน์ตามร้านค้าชุมชน รวมถึงการออกบูธในงานแสดงสินค้าทั่วประเทศ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้รับเลขที่จดแจ้งจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) แล้ว อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตของสมาชิกในกลุ่ม พบว่าในแต่ละรอบการผลิต ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความไม่สม่ำเสมอ และเนื้อยาสีฟันดูแห้ง ขาดความชุ่มชื้นเมื่อเก็บไว้นานเกิน 2 เดือน แม้อยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท รสชาติของผลิตภัณฑ์ยังคงเดิมและไม่เกิดการเสียสภาพ เพียงแต่ลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะความชุ่มชื้นลดลงอย่างสังเกตได้ ซึ่งอาจส่งผลต่อความน่าใช้และความพึงพอใจของผู้บริโภค

การผลิตยาสีฟันสมุนไพรชนิดกึ่งแข็ง กระบวนการผสมเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อความเนียน ความสม่ำเสมอ และความคงตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ โดยการใช้เครื่องผสมสามารถควบคุมความเร็วและระยะเวลาได้แม่นยำกว่าแรงงานคน ส่งผลให้ส่วนผสมกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (Rangarajan & Sangeetha, 2015; Rodarte et al., 2018) แม้ว่าเครื่องผสมอุตสาหกรรม เช่น เครื่องโฮโมจีไนเซอร์แบบสุญญากาศ (Vacuum homogenizer) จะมีประสิทธิภาพสูงในการผสมผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดมาก (Håkansson, 2018; Niazi, 2019) แต่ด้วยราคาที่สูงและความซับซ้อนในการใช้งาน จึงไม่เหมาะกับกลุ่มผู้ผลิตระดับชุมชนที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร เครื่องผสมบางชนิด เช่น เครื่องผสมแรงเฉือนสูง (Sutoro et al., 2022; Zhang et al., 2012) ออกแบบสำหรับของแห้งหรือของเหลวเป็นหลัก ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ชนิดกึ่งแข็งอย่างยาสีฟันสมุนไพร ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว การประยุกต์ใช้เครื่องตีแป้งขนาดใหญ่ (Planetary mixer) ที่ใช้หัวตีแบบตะกร้อ (Whisk-type beater) สามารถสร้างแรงเฉือนในระดับต่ำถึงปานกลาง (Gokhale & Trivedi, 2016) ช่วยให้ส่วนผสมของผงสมุนไพรเกิดการกระจายตัวได้ดี นอกจากนี้ เครื่องผสมประเภทดังกล่าวมีราคาไม่แพงและใช้งานง่าย เหมาะสำหรับผู้ผลิตที่ต้องการลดระยะเวลาในกระบวนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพโดยไม่ต้องลงทุนสูง จึงนับว่าเป็นทางเลือกสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

จากการลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่ม ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตที่อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสม่ำเสมอและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ 1) การใช้แรงงานคนในการกวนผสม ซึ่งอาจทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์แตกต่างกันในแต่ละครั้ง และ 2) การเลือกใช้สารที่ช่วยเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ เช่น สารเพิ่มความชุ่มชื้น หรือสารยึดเกาะ (Kanoja et al., 2023; Rowe et al., 2009) ซึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ คือ การปรับปรุงกระบวนการกวนด้วยเครื่องผสม และการเลือกใช้สารเพิ่มความคงตัว อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานวิจัยที่ศึกษาเฉพาะด้านเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เครื่องตีแป้งในการผลิตยาสีฟันสมุนไพรในระดับ

วิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ และยังไม่มีรายงานที่ศึกษาผลของค่าความชื้นในผงสมุนไพรท้องถิ่นต่อสูตรยาสีฟันสมุนไพรในระดับชุมชนอย่างเป็นระบบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรชนิดกึ่งแข็งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่าพระฝั่งคลอง โดยมุ่งเน้นแก้ปัญหาความไม่คงตัวของเนื้อยาสีฟัน การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการเลือกใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อแทนแรงงานคน และการประเมินผลกระบวนการผลิตทั้งในด้านประสิทธิภาพและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 909/2560 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560) และสามารถต่อยอดสู่กระบวนการผลิตที่ปลอดภัย ยั่งยืน และสามารถขยายผลสู่ชุมชนอื่นได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้มีคุณภาพ ความคงตัว และเหมาะสมสำหรับการผลิตในระดับชุมชน
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยาสีฟันสมุนไพรโดยใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อแทนการผสมด้วยแรงงานคน
3. เพื่อทดสอบคุณภาพของยาสีฟันสมุนไพรที่ได้จากสูตรและกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้น
4. เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้นให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ในลักษณะของการวิจัยเพื่อการพัฒนา (Developmental research) โดยมุ่งเน้นการทดลองปรับปรุงสูตรและกระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรให้มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตในระดับชุมชน แล้วนำสูตรที่พัฒนาแล้วมาทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ความชื้น pH ลักษณะเนื้อสัมผัส และความคงตัวของเนื้อยา เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การหาความชื้นของวัตถุดิบสมุนไพร

ตรวจสอบปริมาณความชื้นของสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ ผงข่อย ขิงชี่ กานพลู และแห้วหมู โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture analyzer รุ่น MS-50, ยี่ห้อ AND) เพื่อประเมินความสัมพันธ์กับปริมาณกลีเซอรีนที่ใช้ในสูตร การวัดความชื้นของสมุนไพรวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ โดยใช้หลักการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังให้ความร้อน ตัวอย่างสมุนไพรประมาณ 1–2 กรัม ถูกวางบนถาดอะลูมิเนียมและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ เครื่องจะแสดงผลความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (% w/w) และทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 2: การหาสัดส่วนกลีเซอรีน และคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส ที่เหมาะสม

ศึกษาสูตรยาสีฟันโดยการปรับอัตราส่วนของกลีเซอรีน (ร้อยละ 15–35 โดยน้ำหนัก) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose: CMC, ร้อยละ 1–3 โดยน้ำหนัก) เพื่อหาค่าส่วนผสมที่ให้เนื้อยาสีฟันมีความคงตัวและความชุ่มชื้นที่เหมาะสม สำหรับสูตรที่เติมสาร CMC จะต้องละลาย CMC ในน้ำ และคนให้กระจายตัวอย่างทั่วถึงก่อน จากนั้นเมื่อเติมกลีเซอรีนเรียบร้อยแล้วให้เติมสารละลาย CMC ที่ละลายในน้ำตามลงไป

ขั้นตอนที่ 3: การพัฒนากระบวนการผลิตด้วยเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผสมระหว่างการผสมด้วยแรงงานคน และการใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ วิเคราะห์ผลด้านเวลาในการผลิตและเนื้อสัมผัสที่ได้

ขั้นตอนที่ 4: การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ตัวอย่างยาสีฟันที่ได้จากสูตรที่ทดลอง โดยประเมินคุณภาพตามตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ ค่า pH (ด้วยเครื่องวัด METTLER TOLEDO รุ่น F20) ความชื้น (ทำการทดลองตามวิธีที่ได้อธิบายในขั้นตอนที่ 1) และลักษณะทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น ความเหนียว และความเนียนของเนื้อผลิตภัณฑ์

วิธีการวัดค่า pH

1. เตรียมตัวอย่างโดยชั่งยาสีฟันสมุนไพร 10 กรัม เทน้ำปราศจากไอออน 30 มิลลิลิตร และคนให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียว
2. เปิดเครื่องวัด pH และทำการสอบเทียบด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4 และ pH 7 ก่อนการวัด
3. จุ่มหัววัด pH ลงในตัวอย่างที่เตรียมไว้ และรอจนค่าคงที่
4. อ่านและบันทึกค่าที่ได้ ทำการวัดซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง
5. คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) เพื่อรายงานผล

ลักษณะทั่วไปของยาสีฟันสมุนไพรชนิดกึ่งแข็งที่เหมาะสม คือ มีเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ไม่มีสิ่งแปลกปลอม สีเป็นธรรมชาติตามวัตถุดิบ (สีน้ำตาล) และไม่มีกลิ่นอับ กลิ่นหืน หรือกลิ่นบูด

เกณฑ์การประเมินทางกายภาพของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร ดังต่อไปนี้ (ดวงสุรีย์ แสนสีระ, 2566)

1. ความเป็นเนื้อเดียวกัน และความคงตัว ประเมินด้วยตาเปล่า โดยการสังเกตการแยกชั้น หรือการตกตะกอนของยาสีฟันสมุนไพร
2. สี ประเมินด้วยตาเปล่า โดยการสังเกตว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีหรือไม่ เช่น สีเข้มขึ้น หรือ สีจาง
3. กลิ่น ประเมินโดยการดม โดยประเมินว่ากลิ่นมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เช่น กลิ่นฉุน หรือกลิ่นอ่อน

นอกจากนี้ ได้ทดสอบความคงสภาพในสภาวะเร่งตามมาตรฐาน มผช. 909/2560 ข้อ 5.1, 5.3 และ 5.5 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560) ดังนี้

1. เก็บตัวอย่างที่ 4 ± 2 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. นำไปเก็บต่อที่ 45 ± 2 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ทำซ้ำข้อ 1 และ 2 จนครบ 4 รอบ (1 รอบ ของการทดลอง = ระยะเวลา 3 เดือน)
4. นำตัวอย่างจากข้อ 3 วางไว้ให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงตรวจสอบลักษณะเนื้อยาสีฟัน วัดความชื้น และ pH

ขั้นตอนที่ 5 ถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

ประชากรเป้าหมาย คือ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่าพระฝั่งคลอง จำนวน 30 คน โดยจัดอบรมและสาธิตกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงแล้ว เน้นให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีส่วนร่วมในกระบวนการ เช่น การควบคุมความชื้นเบื้องต้น การใช้เครื่องผสมอย่างถูกต้อง และการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการพึ่งพาตนเองของชุมชน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทดลอง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงพรรณนา โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) สำหรับข้อมูล เช่น ค่าความชื้น ค่า pH และลักษณะทางกายภาพของเนื้อยาสีฟัน พร้อมอธิบายเปรียบเทียบผลตามหลักเหตุและผล ในส่วนของการประเมินเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงสังเกต (Observational comparison) ตามเกณฑ์การประเมินทางกายภาพ (ดวงสุรีย์ แสนสีระ, 2566) หมายเหตุ เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณพื้นฐาน จึงเลือกใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนาเพื่อสรุปลักษณะทั่วไปของข้อมูลและเปรียบเทียบผลลัพธ์อย่างเหมาะสม

2. การวิเคราะห์ผลจากการถ่ายทอดองค์ความรู้และการปรับกระบวนการผลิต โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการดำเนินโครงการ เช่น กำลังการผลิตต่อเดือน และความสามารถในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยกลุ่มผู้ผลิต

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต

1.1 ความชื้นของวัตถุดิบสมุนไพร

ในการพัฒนาสูตรผู้วิจัยได้ศึกษาผลของค่าความชื้นของสมุนไพรที่ใช้ในการผลิต ผลการศึกษาค่าร้อยละความชื้นของสมุนไพรแห้งที่ใช้ในการผลิตยาสีฟันแสดงดังตาราง 1 พบว่าสมุนไพรแห้งทั้งสี่ชนิด ได้แก่ ผงข่อย ขิงชี่ กานพลู และผงแห้วหมู มีค่าความชื้นเกินร้อยละ 5 ทั้งสิ้น โดยกานพลูมีค่าร้อยละความชื้นสูงที่สุด คือ 10.53 (0.69) รองลงมา คือ ผงแห้วหมู 9.66 (3.37) ขิงชี่ 8.47 (0.74) และผงข่อย 6.07 (0.72) ตามลำดับ

ตาราง 1 ความชื้นของสมุนไพรที่ใช้ในสูตรยาสีฟันสมุนไพร

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)
	$\bar{X}$ (S.D.)
ผงข่อย	6.07 (0.72)
ขิงชี่	8.47 (0.74)
กานพลู	10.53 (0.69)
ผงแห้วหมู	9.66 (3.37)

หมายเหตุ: $\bar{X}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน), (n = 3)

1.2 การปรับสัดส่วนกลีเซอรีนและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC)

การปรับสูตรได้ทดลองใช้กลีเซอรีนในช่วงร้อยละ 15–35 และ CMC ในช่วงร้อยละ 1–3 เพื่อตรวจสอบเนื้อผลิตภัณฑ์ในส่วนของความชุ่มชื้น ความคงตัว และความเนียน ผลที่ได้แสดงดังตาราง 2 และตาราง 3 ตามลำดับ

จากตาราง 2 พบว่าปริมาณกลีเซอรีนที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 30 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด ทั้งนี้หากใส่มากถึงร้อยละ 35 ทำให้มีรสชาติติดขม (Becker et al., 2019) จึงได้เลือกสูตรกลีเซอรีนร้อยละ 30 และทำการศึกษาผลของการใส่ CMC โดยได้ทำการทดลอง 3 สูตร เพื่อเปรียบเทียบผลกับสูตรที่ไม่มีการเติม CMC ผลดังตาราง 3 พบว่าการปริมาณของ CMC ไม่มีผลต่อค่าความชื้น pH และลักษณะของเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในการปรุงยาสีฟัน ใช้กลีเซอรีนร้อยละ 30 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด

ตาราง 2 ผลของอัตราส่วนกลีเซอรีนต่อคุณสมบัติของยาสีฟัน

กลีเซอรีน (%)	pH $\bar{x}$ (S.D.)	ความชื้น (%) $\bar{x}$ (S.D.)	สี	ลักษณะเนื้อ
35	8.73 (0.03)	24.05 (0.65)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
30	8.59 (0.03)	25.30 (0.52)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
25	8.62 (0.03)	20.20 (0.72)	น้ำตาล	เหนียวน้อยกว่าแบบ 30%
20	8.73 (0.04)	15.08 (1.45)	น้ำตาล	เหนียวน้อยกว่าแบบ 30% และ 20% ค่อนข้างแห้ง
15	8.53 (0.04)	11.16 (1.89)	น้ำตาลอ่อน	เนื้อหยาบ ไม่เหนียว และดูแห้ง

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน), (n = 3), ผลของสีและลักษณะเนื้อยาสีใช้วิธีการสังเกต

ตาราง 3 ผลของปริมาณของคาร์บอกซีเมทิล เซลูโลสต่อคุณสมบัติของยาสีฟัน

คาร์บอกซีเมทิล เซลูโลส (%)	pH $\bar{x}$ (S.D.)	ความชื้น (%) $\bar{x}$ (S.D.)	สี	ลักษณะเนื้อ
0	8.59 (0.03)	25.30 (0.52)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
1	8.93 (0.04)	24.05 (0.45)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
2	8.12 (0.03)	23.20 (0.67)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
3	8.41 (0.04)	24.08 (1.45)	น้ำตาลเข้ม	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปริมาณ CMC = 0% หมายถึงสูตรที่ไม่มีการเติม CMC เป็นสูตรควบคุม

ผลของสีและลักษณะเนื้อยาสีใช้วิธีการสังเกต

1.3 การเปรียบเทียบการผสมด้วยแรงงานคนและการใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

ได้ทำการศึกษาและทดลองผสมด้วยหัวผสมแบบตะกร้อ ดังภาพ 1 เพื่อให้สมุนไพรและกลีเซอรีนเข้ากัน (Rangarajan & Sangeetha, 2015) โดยการใช้ความเร็วรอบที่ระดับปานกลางที่ 166 รอบ/นาที และปริมาตรที่สามารถผลิตได้สูงสุดที่ 20 ลิตร ตามภาชนะที่ใช้บรรจุ หรือปริมาณรวมของน้ำหนักรวมทั้งหมดของสารที่ใช้ไม่เกินครั้งละ 4 กิโลกรัม ซึ่งปกติในการผสมด้วยแรงงานคน ดังภาพ 2 จะผสมได้ 2 กิโลกรัม ในการผลิตแต่ละครั้งและใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง แต่เมื่อผสมด้วยเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อสามารถผสมได้ 4 กิโลกรัม และใช้เวลา 20 นาที

(ก) เครื่องผสมระดับอุตสาหกรรม (ข) หัวผสมแบบตะกร้อใช้ในการกวนผสมของแข็งแบบผง (ค) การปรับระดับความเร็ว

ภาพ 1 กระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรด้วยเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

(ก) วิธีการผลิตยาสีฟันด้วยการใช้แรงงานคน (ข) ยาสีฟันที่ได้

ภาพ 2 กระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรด้วยการใช้แรงงานคนและผลิตภัณฑ์ยาสีฟันที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว

2. การทดสอบคุณภาพของยาสีฟันที่ผลิตได้

เพื่อทดสอบความคงสภาพของยาสีฟัน ในสภาวะเร่งตาม มผช. 909/2560 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560) ได้ทำการทดลองจำนวน 4 รอบ (ตามที่ได้อธิบายไว้ในวิธีการดำเนินงานวิจัยขั้นตอนที่ 4) ซึ่งเทียบเท่ากับการเก็บผลิตภัณฑ์ 1 ปี (International Council for Harnonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use, 1993) ผลการเปรียบเทียบผลของค่าร้อยละความชื้น ค่า pH และลักษณะของทางกายภาพของเนื้อยาสีฟันที่ได้จากการผสมด้วยแรงงานคน และเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ แสดงดังตาราง 4 โดยพบว่าค่าร้อยละความชื้นของยาสีฟันที่ได้จากเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อค่ามากกว่าการผสมด้วยแรงงานคน โดยค่าความชื้นของการใช้ชุดหัวผสมมีค่าลดลงเล็กน้อย (ต่ำกว่าร้อยละ 10) ขณะที่การผสมด้วยแรงงานคนค่าความชื้นลดลงมากถึงร้อยละ 35

ตาราง 4 การเปรียบเทียบร้อยละความชื้น และ pH ของยาสีฟันสมุนไพรที่ได้จากการผสมด้วยแรงงานคน และเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ และเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการทดสอบความคงสภาพในสภาวะเร่ง

ยาสีฟัน	ความชื้น (%)		pH	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)
การผสมด้วยแรงงานคน	19.58 (1.90)	12.58 (0.64)	8.73 (0.03)	8.59 (0.03)
เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ	25.27 (2.23)	23.89 (2.50)	8.85 (0.05)	8.66 (0.13)

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน), (n = 12)

ผลการสังเกตทางกายภาพแสดงดังตาราง 5 เป็นการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ด้วยการสังเกตลักษณะทั่วไป โดยการตรวจพินิจและดม ซึ่งลักษณะของเนื้อยาสีฟันเป็นแบบกึ่งแข็ง จะต้องเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ไม่มีสิ่งแปลกปลอม มีสีดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ และไม่มีกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นบูด จากผลการทดลองพบว่า เนื้อยาสีฟันไม่มีการแยกชั้น ไม่พบสิ่งแปลกปลอม ในทุกกรณีของตัวอย่างที่ได้จากการผสมด้วยแรงงานคน และเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อโดยสีของยาสีฟันที่ได้มีสีน้ำตาล ดังภาพ 3

ตาราง 5 คุณลักษณะทางกายภาพ และเปรียบเทียบการตรวจสอบสภาพก่อนและหลังทำการทดสอบความคงสภาพของยาสีฟันที่ผลิตได้โดยวิธีการสังเกตจากการผสมด้วยแรงงานคนและเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

ยาสีฟัน	กลิ่นไม่พึงประสงค์						ลักษณะเนื้อยาสีฟัน	
	กลิ่นอับ		กลิ่นบูด		กลิ่นหืน			
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
การผสมด้วยแรงงานคน	✕	✕	✕	✕	✕	✕	เหนียว ละเอียด	ความชุ่มชื้นลดลงอย่างสังเกตได้
เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ	✕	✕	✕	✕	✕	✕	เหนียว ละเอียด ชุ่มชื้น	คงเดิม เนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะความชุ่มชื้นลดลงเล็กน้อย

ภาพ 3 การกวนส่วนผสมด้วยเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อและยาสีฟันที่ได้

เนื้อยาสีฟันสมุนไพรที่กวนด้วยเครื่องผสม หลังจากการทดสอบความคงสภาพ พบว่าเนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะความชุ่มชื้นลดลง ดังภาพ 4 แต่เป็นเฉพาะส่วนของผิวหน้าที่อาจมาจากภาชนะบรรจุที่อาจปิดได้ไม่สนิท ดังนั้นจึงได้เสนอแนะต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในการพิจารณาเลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีฝาเกลียวที่ปิดได้สนิทมากขึ้น (Pal et al., 2024)

(ก) ก่อนทดสอบความคงสภาพ (ข) หลังทดสอบความคงสภาพ

ภาพ 4 เปรียบเทียบเนื้อยาสีฟันสมุนไพร

(หมายเหตุ: ปริมาณเนื้อยาสีฟันที่ลดลง เนื่องจากถูกนำไปวัดหาความค่าความชื้น และ pH)

3. ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้

ภายหลังเสร็จการวิจัย นักวิจัยได้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน จำนวน 30 คน ดังภาพ 5 โดยอธิบายถึงผลของชิ้นที่มีต่อการกำหนดปริมาณของกลีเซอรีนที่ใช้ และการควบคุมความชื้นอย่างง่ายด้วยการตากสมุนไพรให้แห้งโดยใช้ตู้อบแสงอาทิตย์ แล้วนำมาจัดเก็บในภาชนะแบบสุญญากาศร่วมกับสารดูดความชื้น และการบันทึกน้ำหนักสมุนไพรแห้งเป็นเกณฑ์ควบคุมคุณภาพก่อนนำไปใช้

หลังจากถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพบว่า ภายใน 1 เดือนหลังการอบรม กลุ่มสามารถใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อได้อย่างถูกต้อง ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ด้วยตนเอง เช่นการวัด pH และการควบคุมความชื้นของสมุนไพรแห้งที่ต้องใช้ ส่งผลต่อการเพิ่มกำลังการผลิตได้อย่างชัดเจน ดังแสดงดังตาราง 6

ภาพ 5 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชุน

ตาราง 6 ผลการเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตและรายได้หลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	การเปลี่ยนแปลง
กำลังการผลิต (กระปุก/เดือน)	50	300	เพิ่ม 6 เท่า
กำลังการผลิต (กก./เดือน)	6	36	เพิ่ม 6 เท่า
รายได้ (บาท/เดือน)	3,250	24,300	เพิ่ม 5.7 เท่า

หมายเหตุ: ข้อมูลจากการเก็บบันทึกโดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ภายหลังการถ่ายทอดองค์ความรู้ 3 เดือน

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรและการปรับปรุงกระบวนการผลิต

1.1 ความชื้นของวัตถุดิบสมุนไพร

จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นของสมุนไพรแห้ง 4 ชนิด พบว่าค่าความชื้นในแต่ละชนิด สูงกว่าร้อยละ 5 ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการคำนวณและการควบคุมปริมาณกลีเซอรีนในสูตรผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร เนื่องจากสูตรดั้งเดิมที่กลุ่มผู้ผลิตใช้ยังไม่ได้คำนึงถึงค่าความชื้นของวัตถุดิบ ทำให้ในการคำนวณส่วนผสมโดยไม่พิจารณาความชื้นที่แฝงอยู่ ส่งผลให้ปริมาณกลีเซอรีนที่เติมจริงไม่สอดคล้องกับความต้องการของเนื้อผลิตภัณฑ์ กลีเซอรีนทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความชุ่มชื้น และช่วยรักษาความยืดหยุ่นของเนื้อยาสีฟัน (Becker et al., 2019; Chen et al., 2022; Rowe et al., 2009) การเติมกลีเซอรีนน้อยเกินไปจะทำให้เนื้อยาสีฟันมีลักษณะแข็งและแห้ง (Akotakar et al., 2018) แต่หากเติมมากเกินไปอาจส่งผลต่อรสชาติทำให้เกิดรสขมและเพิ่มความหนืดจนยากต่อการใช้งาน ดังนั้นการปรับปรุงสูตรโดยนำค่าความชื้นมาคำนวณ เพื่อปรับปริมาณกลีเซอรีนให้เหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์ จะช่วยเพิ่มคุณภาพและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในระยะยาว การวัดและควบคุมค่าความชื้นของสมุนไพร ไม่เพียงแต่เป็นการวัดทางเคมีเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญเชิงกระบวนการผลิต ที่ส่งผลโดยตรงต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์

1.2 การปรับสัดส่วนกลีเซอรีนและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC)

ผลการวิเคราะห์ปัญหาความไม่คงตัวและความแห้งของเนื้อยาสีฟันในสูตรเดิม ชี้ให้เห็นว่าปริมาณกลีเซอรีนที่ใช้ไม่เหมาะสม ทั้งนี้ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้เติมกลีเซอรีนในอัตราร้อยละ 25 แต่ยังไม่มีการปรับเพิ่มหรือลดอย่างเป็นระบบ ผลการทดลองพบว่าสูตรที่เติมกลีเซอรีนในอัตราร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ดังตาราง 2 ให้เนื้อสัมผัสที่มีความเนียนเรียบ ชุ่มชื้น และร้อยละความชื้นสูง ซึ่งกลีเซอรีนมีสมบัติเป็นสารเพิ่มความชุ่มชื้นนั้นด้วยความสามารถในการกักเก็บความชื้นผ่านพันธะไฮโดรเจนกับน้ำและองค์ประกอบอื่น ๆ ในสูตร (Becker et al., 2019; Rowe et al., 2009) อธิบายได้ว่า กลีเซอรีนประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จำนวนมาก จึงช่วยสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลน้ำและสารอื่นในเนื้อผลิตภัณฑ์ ทำให้กลีเซอรีนทำหน้าที่เป็นสารดูดและกักเก็บความชื้นในระดับโมเลกุล ลดการสูญเสียน้ำและรักษาความชุ่มชื้นภายในเนื้อยาสีฟัน ซึ่งช่วยให้เนื้อยาสีฟันมีลักษณะนุ่มนวลและยืดหยุ่นมากขึ้น (Chen et al., 2022) ในระบบกึ่งของแข็งอย่างยาสีฟัน กลีเซอรีนช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างอนุภาคผงสมุนไพรและฐานเนื้อครีม ส่งผลให้ผงสมุนไพรกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอและลดการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ ความเข้มข้นของกลีเซอรีนในระดับปานกลาง เช่น ร้อยละ 30 จึงถือเป็นจุดสมดุลที่เหมาะสมระหว่างการรักษาความชุ่มชื้นและการควบคุมความหนืดของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากหากเติมในปริมาณต่ำเกินไปจะทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์แห้ง แข็ง และขาดความเนียนสม่ำเสมอ ขณะที่หากเติมมากเกินไปจะทำให้เนื้อเหนียว

หรือเหลวจนเกินไป ส่งผลต่อความสะดวกในการใช้งาน (Becker et al., 2019; Mangilal & Ravikumar, 2016) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Mangilal & Ravikumar (2016) ที่แนะนำการเติมกลีเซอรีนในปริมาณร้อยละ 30 เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสและความชุ่มชื้นที่เหมาะสม รวมถึง Becker et al. (2019) ซึ่งระบุว่ากลีเซอรีนช่วยป้องกันการแห้งตัวและเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์

สารยึดเกาะ (Binding agents) ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืดและช่วยยึดเนื้อผลิตภัณฑ์ (Rowe et al., 2009) ผลการทดลองพบว่า CMC ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มความชุ่มชื้นหรือคุณภาพเนื้อยา จึงเลือกใช้สูตรที่เติมกลีเซอรีนร้อยละ 30 โดยไม่เติมสารยึดเกาะเพิ่มเติม

1.3 การเปรียบเทียบการผสมด้วยแรงงานคนและการใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต การใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อสามารถผสมส่วนผสมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้เวลาในการผสมเพียง 20 นาที เมื่อเทียบกับการผสมด้วยแรงงานคนที่ใช้เวลานานถึง 4 ชั่วโมง การเลือกใช้เครื่องผสมแบบตะกร้อนี้สอดคล้องกับข้อเสนอของ Rangarajan & Sangeetha (2015) ที่ระบุว่า เครื่องกวนแบบหัวตะกร้อเหมาะกับการผสมสารในลักษณะกึ่งของแข็งที่ต้องการความสม่ำเสมอ การเปลี่ยนจากการผสมด้วยแรงงานคนมาใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อสามารถลดระยะเวลาการผลิต และให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เนียนสม่ำเสมอมากขึ้นนั้น สามารถอธิบายได้จากคุณลักษณะเฉพาะของหัวผสมแบบตะกร้อที่ให้แรงเฉือนในระดับต่ำถึงปานกลาง (Gokhale & Trivedi, 2016) เหมาะสำหรับระบบกึ่งของแข็งที่มีผงสมุนไพรผสมอยู่ เนื่องจากแรงเฉือนนี้ช่วยกระจายตัวของผงสมุนไพรให้สม่ำเสมอในเนื้อครีมโดยไม่ก่อให้เกิดฟองอากาศหรือการแยกตัวของวัฏภาคภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ อีกทั้งการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องผสมที่สม่ำเสมอช่วยให้สามารถคงระดับความชื้นไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสูญเสียน้ำระหว่างกระบวนการกวน ซึ่งต่างจากการกวนด้วยแรงงานมือที่ไม่สามารถควบคุมความเร็ว ความแรง และเวลาที่แน่นอนได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มแห้งเร็วหรือแยกชั้นในภายหลัง

2. การทดสอบคุณภาพของยาสีฟันที่ผลิตได้

ผลการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสีฟันที่ได้จากสูตรที่พัฒนาขึ้น พบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมในหลายด้าน ได้แก่ ค่า pH อยู่ในช่วงมาตรฐานที่กำหนด 5.5–10.5 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 909/2560 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560) นอกจากนี้ ลักษณะของเนื้อยาสีฟันที่ได้ยังคงเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น สีและกลิ่นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ สะท้อนถึงความคงตัวของยาสีฟันที่ได้จากกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงแล้ว นอกจากนี้ ยาสีฟันยังคงลักษณะทางกายภาพที่ดี ได้แก่ มีเนื้อสัมผัสเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น สี และกลิ่นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ สะท้อนถึงความคงตัวที่ได้จากกระบวนการผลิตที่ได้รับการปรับปรุง ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นของยาสีฟันก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพ พบว่ายาสีฟันที่ผลิตด้วยเครื่องผสมแบบตะกร้อมีค่าความชื้นลดลงเล็กน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 10) และน้อยกว่าสูตรเดิมที่ผสมด้วยแรงงานคน ซึ่งค่าความชื้นลดลงถึงร้อยละ 35 แสดงถึงความสม่ำเสมอของกระบวนการผลิตและคุณภาพของเนื้อยาสีฟันที่ดีขึ้น

สำหรับข้อมูลทางจุลชีววิทยา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้ส่งตัวอย่างให้ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบตามรายงานเลขที่ TRCS62/16999 ระบุว่าไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาในการนำผลไปใช้หรือในการวิจัยต่อยอด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังไม่ได้รับการทดสอบความคงสภาพในสภาวะจริง (Real-time stability testing) ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพเมื่อเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิที่หลากหลายเป็นระยะเวลานาน

3. การถ่ายทอดองค์ความรู้

การถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ทั้งในด้านการควบคุมคุณภาพเบื้องต้น การควบคุมความชื้น การปรับสูตรให้เหมาะสม และการใช้งานเครื่องผสมในกระบวนการผลิต พบว่า กลุ่มสามารถเรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ได้จริง หลังการถ่ายทอดองค์ความรู้ กลุ่มสามารถใช้เครื่องผสมได้ด้วยตนเอง เข้าใจหลักการควบคุมความชื้นและคุณภาพผลิตภัณฑ์ ซึ่งสะท้อนถึงการยกระดับศักยภาพด้านการผลิตในระยะยาว และส่งเสริมความเข้มแข็งของกลุ่มในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาจากข้อมูลเชิงปริมาณ ดังตาราง 6 พบว่า การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตโดยใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อช่วยให้กลุ่มสามารถเพิ่มกำลังการผลิตจากเดิม 50 กระปุกต่อเดือน เป็น 300 กระปุกต่อเดือน (เพิ่มขึ้น 6 เท่า) และเพิ่มรายได้จาก 3,250 บาทต่อเดือน เป็น 24,300 บาทต่อเดือน (เพิ่มขึ้น 5.7 เท่า) แสดงให้เห็นว่าการถ่ายทอดองค์ความรู้และการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีผลกระทบในเชิงบวกที่ตรวจวัดได้จริงในระยะสั้น จากการเก็บข้อมูล 3 เดือนหลังจากถ่ายทอดองค์ความรู้ แม้กำลังการผลิตจะเพิ่มขึ้นถึง 6 เท่าหลังจากปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ แต่เมื่อคิดต้นทุนจริงโดยรวมทั้งต้นทุนวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้าประมาณ 800 บาทต่อเดือน และค่าเสื่อมราคาเครื่องผสม (ประมาณ 417 บาท/เดือน จากเครื่องราคา 25,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี) พบว่ากำไรสุทธิรายเดือนเพิ่มขึ้นประมาณ 5.7 เท่า เมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง ซึ่งยืนยันว่าการลงทุนในเครื่องผสมเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าแม้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมด้านเครื่องมือและพลังงาน

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงนี้สะท้อนให้เห็นว่าการถ่ายทอดองค์ความรู้ ที่มีการปรับกระบวนการผลิตมีผลในรูปของการพัฒนาศักยภาพที่ใช้งานได้จริง แสดงให้เห็นว่าการพัฒนากระบวนการผลิตสามารถสร้างงานที่มั่นคงและรายได้ที่พอเพียงในระดับชุมชน สอดคล้องกับเป้าหมายที่ 8 (Goal 8: Decent work and economic growth) ที่มุ่งส่งเสริมการเติบโตเชิงสร้างสรรค์และความเป็นอยู่ที่ดีอย่างทั่วถึง นอกจากนี้กระบวนการผลิตที่ลดสารเติมแต่งและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ยังสอดคล้องกับเป้าหมายที่ 12 (Goal 12: Responsible consumption and production) ที่เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างสมดุล ลดของเสีย และสนับสนุนการผลิตอย่างรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า ความชื้นของวัตถุดิบสมุนไพรมีผลต่อการกำหนดสูตร โดยเฉพาะปริมาณกลีเซอรีนซึ่งมีบทบาทสำคัญในการรักษาความชุ่มชื้นและความคงตัวของเนื้อยาสีฟัน ปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 30 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด การเติมสารยึดเกาะเพิ่มเติมไม่ส่งผลต่อคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญ การใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อช่วยให้ได้เนื้อยาสีฟันที่เนียนสม่ำเสมอ ลดเวลาการผลิตจาก 4 ชั่วโมงเหลือ 20 นาที เพิ่มกำลังการผลิต 6 เท่า และรายได้ 5.7 เท่า เหมาะสมกับการผลิตในระดับชุมชน และผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพตรงตามเกณฑ์มาตรฐานชุมชน โดยมีค่า pH เหมาะสม เนื้อเป็นเนื้อเดียวกัน สีและกลิ่นสม่ำเสมอ ไม่แยกชั้นและคงสภาพได้ดีหลังการเก็บรักษา

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. งานวิจัยนี้มีศักยภาพในการยกระดับผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพรของชุมชน โดยการพัฒนากระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพและควบคุมคุณภาพได้มาตรฐาน ซึ่งช่วยสร้างความมั่นใจในคุณภาพและความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค สามารถขยายตลาดและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับผลิตภัณฑ์สมุนไพรในระดับท้องถิ่นและประเทศได้

2. ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนวางแผนการผลิตประจำวันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ ลดการสูญเสียวัตถุดิบ และลดข้อผิดพลาดในการผลิต สามารถต่อยอดไปสู่

การขยายกำลังการผลิตและการกระจายสินค้าสู่ตลาดใหม่ รวมถึงเป็นต้นแบบให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ใกล้เคียง การพัฒนากระบวนการผลิตนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับสินค้าชุมชนประเภทอื่น เช่น เครื่องสำอางสมุนไพร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและรายได้อย่างยั่งยืน

3. ผลการวิจัยนี้ยังสามารถใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับการเรียนการสอนในสาขาวิทยาศาสตร์ชุมชนหรือเทคโนโลยีอาหาร รวมถึงเป็นต้นแบบพัฒนากระบวนการผลิตในวิสาหกิจชุมชน และส่งเสริมการศึกษาต่อยอดเรื่องบรรจุภัณฑ์ใหม่หรือการควบคุมคุณภาพตามมาตรฐานสมัยใหม่ เช่น Hazard analysis and critical control point (HACCP)

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการใช้เครื่องบรรจุแบบหลอด (Tube filling machine) ร่วมกับการพัฒนาเครื่องกวนชนิดอื่นที่เหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการบรรจุ เช่น เครื่องกวนใบพัดหรือระบบสุญญากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและความเหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์แบบใหม่ นอกจากนี้ ควรศึกษาเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์คงคุณภาพตลอดอายุการใช้งาน

2. ควรศึกษาผลกระทบของฤดูกาลต่อคุณภาพวัตถุดิบสมุนไพร และทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ พร้อมทั้งประเมินความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาและการยอมรับของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ สำหรับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ตามแนวทางคูปองวิทย์เพื่อโอทอป ภายใต้โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจท่าพระฝั่งคลอง สำหรับความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับเครื่องมือและสถานที่ทำวิจัย และขอขอบคุณ นางสาวณัฐพร จันทร์ดี สำหรับคำแนะนำด้านการวัดความชื้นและ pH

เอกสารอ้างอิง

กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2561). *ยาสีฟันสมุนไพรสูตรผสมเกลือ.* กรม.

_____. (2565). *รายงานประจำปี 2565 กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก*. กรม.

ดวงสุรีย์ แสนสีระ. (2566). การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปากของสารสกัดต้นขลู่เพื่อพัฒนาตำรับยาสีฟันสมุนไพร. *วารสารวิจัย มทร. กรุงเทพ, 17*(2), 58-69. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/rmutk/article/view/250548

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2560). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ยาสีฟันสมุนไพร: มผช. 909–2560*. สำนักงาน.

Akotakar, A. M., Thenge, R. R., Patil, A. V., Ghonge, A. B., & Bhaltadak, M. B. (2018). Formulation and comparative standardization of toothpaste. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, *3*(4), 12-15. https://www.pharmacyjournal.net/archives/2018/vol3/issue4/3-4-23

Becker, L. C., Bergfeld, W. F., Belsito, D. V., Hill, R. A., Klaassen, C. D., Liebler, D. C., Marks, J. G., Shank, R. C., Slaga, T. J., Snyder, P. W., Gill, L. J., & Heldreth, B. (2019). Safety assessment of glycerin as used in cosmetics. *International Journal of Toxicology*, *38*(3 Suppl), 6S-22S. https://doi.org/10.1177/1091581819883820

Chen, H. J., Lee, P. Y., Chen, C. Y., Huang, S. L., Huang, B. W., Dai, F. J., Chau, C. F., Chen, C. S., & Lin, Y. S. (2022). Moisture retention of glycerin solutions with various concentrations: a comparative study. *Scientific Reports*, *12*, 10232. https://doi.org/10.1038/s41598-022-13452-2

Gokhale, R., & Trivedi, N. R. (2016). Wet granulation in low-and high-shear mixers. In *Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology* (pp. 199-219). CRC Press.

International Council for Harnonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use. (1993). *Stability testing of new drug substances and products.* ICH. https://www.columbiapharma.com/reg_updates/international/ich/q1a.pdf

Håkansson, A. (2018). Rotor-stator mixers: from batch to continuous mode of operation a review. *Processes*, *6*(4), 32. https://doi.org/10.3390/pr6040032

Kanoja, A. P., Ghuge, P. V., Holap, P. B., & Jagdale, A. (2023). To formulate and evaluate herbal toothpaste. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, *1*(12), 557-568. https://doi.org/10.5281/zenodo.10405575

Mangilal, T., & Ravikumar, M. (2016). Preparation and evaluation of herbal toothpaste and compared with commercial herbal toothpastes: an invitro study. *International Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine*, *6*(3), 2251-2266. http://www.interscience.org.uk/index.php/archive/volume-6-issue-3-may-june-2016/preparation-and-evaluation-of-herbal-toothpaste-and-compared-with-commercial-herbal-toothpastes-an-invitro-study

Niazi, S. K. (2019). *Handbook of Pharmaceutical Manufacturing Formulations: Volume two, Uncompressed Solid Products*. CRC press.

Pal, R., Pandey, P., Thakur, S. K., Khadam, V. K. R., Dutta, P., Arushi, Chawra, H. S., & Singh, R. P. (2024). The significance of pharmaceutical packaging and materials in addressing challenges related to unpacking pharmaceutical products. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Innovation*, *1*(3), 149-173. https://www.researchgate.net/publication/381126537

Rangarajan, M., & Sangeetha, R. (2015). Mixing technologies in the pharmaceutical and food industries. In G. N. Tiwari, & R. K. Mishra (Eds.), *Advanced Food Process Engineering* (pp. 231–260). CRC Press.

Rodarte, D., Zamora, A., Trujillo, A.-J., & Juan, B. (2018). Effect of ultra-high pressure homogenization on cream: Shelf life and physicochemical characteristics. *LWT-Food Science and Technology*, *92*, 108-115. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.020

Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (Eds.). (2009). *Handbook of Pharmaceutical Excipients* (6th ed.). Pharmaceutical Press.

Škrinjar, M. M., & Nemet, N. T. (2009). Antimicrobial effects of spices and herbs essential oils. *Acta Periodica Technologica*, *40*, 195-209. https://doi.org/10.2298/APT0940195S

Sutoro, M., Falya, Y., & Damayanti, R. H. (2022). Method and Critical Aspect of Semisolid Mixing. *Sciences of Pharmacy*, *1*(1), 18-26. https://doi.org/10.58920/sciphar01010020

Zhang, J., Xu, S., & Li, W. (2012). High shear mixers: A review of typical applications and studies on power draw, flow pattern, energy dissipation and transfer properties. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, *57-58*, 25-41. ttps://doi.org/10.1016/j.cep.2012.04.004

11

โรงเพาะเห็ดขนาดเล็กออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที

วันที่รับ: 16 พฤษภาคม 2568
วันที่แก้ไข: 16 กันยายน 2568
วันที่ตอบรับ: 25 กันยายน 2568

เอนกวงศ์ ยอดดำเนิน[1*] และ สุริยา ต๊ะศรีเรือน[1]
[1]สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 2, วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงราย
จังหวัดเชียงราย
*Corresponding author e-mail: Anekwong@cvc.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมโรงเพาะเห็ดอัตโนมัติและประเมินประสิทธิภาพการทำงานตามค่ามาตรฐานของอุปกรณ์ และสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยเริ่มดำเนินการจากการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ในโรงเรือน พร้อมใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น แสง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร่วมกับพัดลมและปั๊มน้ำซึ่งควบคุมผ่านกล่องวงจรที่พัฒนาขึ้นตามรูปแบบของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง พร้อมกับการประมวลผลแบบเรียลไทม์ ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ถูกส่งผ่านสัญญาณไร้สายด้วยโปรโตคอล MQTT ไปยังระบบคลาวด์ส่วนตัวที่ติดตั้งบนเซิร์ฟเวอร์เพื่อใช้งานเฉพาะ ซึ่งทำหน้าที่จัดเก็บ ประมวลผล และให้บริการ API เพื่อเชื่อมต่อกับแดชบอร์ดและระบบแสดงผล นอกจากนี้ยังได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาที่รองรับการทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุม ตรวจสอบ และรับการแจ้งเตือนได้จากระยะไกลอย่างสะดวก ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถทำงานอัตโนมัติได้ถูกต้องร้อยละ 100 ตามเวลาที่กำหนด และสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันได้อย่างแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 98 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่เกิน ±2 วินาทีในการตอบสนองคำสั่ง ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ถูกส่งได้เที่ยงตรงไม่น้อยกว่าร้อยละ 97 สำหรับความแม่นยำของการตรวจวัดพบว่าเซ็นเซอร์อุณหภูมิมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ±1.2 °C เซ็นเซอร์ความชื้น ±3.5% RH เซ็นเซอร์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ±35 ppm และเซ็นเซอร์แสงมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 96 เมื่อเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน จากการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มผู้สูงอายุและเกษตรกรที่ใช้งานจำนวน 115 คน พบว่าระบบได้รับการประเมินอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวม 4.26 โดยเฉพาะในด้านความสะดวกในการติดตั้ง ความง่ายต่อการสั่งงาน ความเที่ยงตรงของเซ็นเซอร์ และความเสถียรโดยรวม ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าระบบต้นแบบนี้มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับฟาร์มเพาะเห็ดขนาดใหญ่ขึ้นได้ และสามารถพัฒนาต่อยอดสู่ระบบเกษตรอัจฉริยะที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดภาระการทำงานของเกษตรกรได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: โรงเรือนเพาะเห็ด, เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง, เทคโนโลยีคลาวด์, เกษตรอัจฉริยะ

MINI-SMART MUSHROOM FARM REAL TIME BASED ON IoT

Received: May 16, 2025
Revised: September 16, 2025
Accepted: September 25, 2025

Anekwong Yoddumnern[1*] and Suriya Taesriruien[1]
[1]Institute of Vocational Education North Region 2,
Chiang Rai Vocational College, Chiang Rai, Thailand
*Corresponding author e-mail: Anekwong@cvc.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to develop a prototype of an automatic mushroom cultivation control system, evaluate its operational performance, and assess user satisfaction. The study began with the design and installation of greenhouse equipment, incorporating sensors to measure temperature, humidity, light, and carbon dioxide, along with fans and water pumps controlled through a customized circuit box based on the Internet of Things (IoT) framework with real-time data processing. Sensor data were transmitted wirelessly via the MQTT protocol to a private cloud system installed on a dedicated server, which functioned as the main platform for data storage, processing, and providing APIs for dashboard integration and visualization. In addition, a cross-platform mobile application was developed to allow users to conveniently control, monitor, and receive notifications remotely. The results revealed that the system achieved 100% accuracy in automated operations according to scheduled times and demonstrated an average accuracy of 98% in remote application control, with a mean response delay of no more than ±2 seconds. Sensor data transmission accuracy exceeded 97%, while measurement accuracy showed an average deviation of ±1.2 °C for temperature, ±3.5% RH for humidity, ±35 ppm for carbon dioxide, and 96% correctness for light intensity compared with standard instruments. A user satisfaction survey conducted with 115 elderly individuals and farmers indicated a high level of satisfaction, with an overall mean score of 4.26, particularly in aspects of installation convenience, ease of control, sensor precision, and overall system stability. The findings highlighted the potential of the proposed prototype to be applied in larger-scale mushroom farms and it could be further developed into a smart agriculture system that would enhance production efficiency while sustainably reduce the workload of farmers.

Keywords: Mushroom farm, IoT technology, Cloud technology, Smart agricultural

บทนำ

การเพาะเห็ดเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการรายย่อย อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักของการเพาะเห็ดคือการควบคุมปัจจัยแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ปัจจุบันเทคโนโลยีไอโอที (Internet of Things: IoT) สามารถช่วยในการตรวจวัดและควบคุมสภาพแวดล้อมของโรงเพาะเห็ดแบบเรียลไทม์ผ่านระบบออนไลน์ (Rukhiran et al., 2023) งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาโรงเพาะเห็ดออนไลน์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยใช้เทคโนโลยีไอโอที เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเห็ดและส่งเสริมการประกอบอาชีพอิสระให้แก่เยาวชนและชุมชนที่สนใจ การผลิตเห็ดเพื่อการค้าในประเทศไทยเป็นที่แพร่หลายมากขึ้นทำให้เห็ดกลายเป็นสินค้าเกษตรสำคัญที่ช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจภายในประเทศ ซึ่งแต่ละปี ประเทศไทยมีกำลังการผลิตเห็ดได้ประมาณ 120,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 7,014 ล้านบาท โดยเฉพาะการเพาะเห็ดในถุงนับว่ามีศักยภาพการผลิตสูงมาก ทั้งเห็ดเข็มทอง เห็ดโคนญี่ปุ่น เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้า เห็ดภูฏาน เห็ดหอม เห็ดนางรม เห็ดนางรมฮังการี เห็ดยานางิ เห็ดหูหนู เห็ดขอนขาว เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดเออเรนจิ และเห็ดหลินจือ ล้วนได้รับการตอบรับจากตลาดเป็นอย่างดีและมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้น เห็ดเป็นแหล่งอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ มีสารอาหารสำคัญหลายชนิด ยิ่งไปกว่านั้นยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง กล่าวคือ มีโปรตีนสูง วิตามินสูง และมีไขมันต่ำ อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางยา และมีสารต้านอนุมูลอิสระ (รัฐพล ศรประเสริฐ และสยาม อรุณศรีมรกต, 2557)

ปัจจุบันได้ก้าวเข้าสู่ยุคแห่งเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเต็มรูปแบบ โดยเฉพาะเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยยกระดับกระบวนการเพาะปลูกเห็ดให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กระบวนการผลิตที่เคยต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของเกษตรกรเพียงอย่างเดียว ขณะนี้ได้รับการสนับสนุนด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ช่วยให้การเพาะปลูกเห็ดมีความแม่นยำและคาดการณ์ได้มากขึ้น ในโลกของการเกษตรสมัยใหม่ การควบคุมสภาพแวดล้อมถือเป็นหัวใจสำคัญของความสำเร็จในการเพาะปลูกเห็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเห็ดที่มีความละเอียดอ่อนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และแสง จากการศึกษาของ กฤษณะ มุ่ยสกุล และดุลยรัตน์ เศรษฐ์กุลนนท์ (2556) พบว่าการควบคุมสภาพแวดล้อมด้วยระบบ IoT สามารถเพิ่มผลผลิตเห็ดได้สูงถึงร้อยละ 35 เมื่อเทียบกับวิธีการเพาะปลูกแบบดั้งเดิม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพอันทรงพลังของเทคโนโลยีในการพัฒนาการเกษตร ระบบ IoT ทำงานอย่างเป็นระบบโดยใช้เซ็นเซอร์ที่มีความไวสูงติดตั้งภายในโรงเรือนเพาะปลูก เซ็นเซอร์เหล่านี้จะทำการตรวจวัดและส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ความชื้น ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ และความเข้มของแสง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกประมวลผลโดยระบบคอมพิวเตอร์และแอปพลิเคชันที่ออกแบบมาเฉพาะ ช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับแต่งสภาพแวดล้อมได้อย่างทันท่วงที การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นหัวใจสำคัญของระบบ IoT ในการเพาะปลูกเห็ด ระบบจะทำการเก็บบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่อง วิเคราะห์แนวโน้ม และคาดการณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น เช่น การระบาดของโรคหรือการขาดธาตุอาหาร ด้วยการใช้ปัญญาประดิษฐ์และอัลกอริทึมขั้นสูง ทำให้เกษตรกรสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาได้ก่อนที่จะส่งผลกระทบต่อผลผลิต

การศึกษาของสถาบันวิจัยการเกษตรแห่งประเทศไทยยังชี้ให้เห็นว่า การใช้เทคโนโลยี IoT สามารถลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพของเห็ดได้อย่างมีนัยสำคัญ ระบบอัจฉริยะเหล่านี้ช่วยในการควบคุมการให้น้ำ การจัดการธาตุอาหาร และการป้องกันโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะการเจริญเติบโตที่มีความละเอียดอ่อน การควบคุมอย่างแม่นยำจะช่วยให้เห็ดมีการเติบโตที่สมบูรณ์และมีคุณภาพสูงสุด นอกจากนี้

เทคโนโลยี IoT ยังเปิดโอกาสให้เกษตรกรสามารถติดตามและบริหารจัดการฟาร์มผ่านสมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ต โดยสามารถรับรู้สถานะของโรงเรือนเพาะปลูกได้ทุกที่ทุกเวลา ซึ่งนับเป็นความก้าวหน้าที่สำคัญในวงการเกษตรสมัยใหม่

การพัฒนาศักยภาพผู้สูงอายุและเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเมืองและอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ในการเรียนรู้และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เพื่อตอบสนองต่อความต้องการทางการเกษตร โดยเฉพาะการทำโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติ เป็นแนวทางเป็นแนวทางหนึ่งที่ได้วางแผนปฏิบัติไว้ เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายดังกล่าวมีข้อจำกัดด้านการเข้าถึงเทคโนโลยีและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบการเกษตรสมัยใหม่ โดยเริ่มจากการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับศักยภาพของกลุ่มผู้สูงอายุ โดยใช้สื่อและกระบวนการฝึกอบรมที่เข้าใจง่ายและสามารถนำไปสู่การใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควบคู่กับการจัดให้มีการฝึกปฏิบัติในสถานการณ์จริง อาทิ การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดจนการควบคุมระบบผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อเพิ่มทักษะและสร้างความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยี อีกทั้งการสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ภายในชุมชน โดยมีเกษตรกรต้นแบบและผู้สูงอายุแกนนำเป็นผู้ถ่ายทอดองค์ความรู้ จะช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนและขยายผลอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาโรงเรือนเพาะเห็ดแบบเคลื่อนที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้สูงอายุในด้านความสะดวกและการลดภาระงานประจำวัน พร้อมบูรณาการเทคโนโลยี IoT ในการยกระดับระบบการเกษตรและคุณภาพชีวิตของชุมชนให้ยั่งยืนขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมโรงเพาะเห็ดอัตโนมัติและประเมินประสิทธิภาพการทำงานตามค่ามาตรฐานของอุปกรณ์
2. เพื่อสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรที่ใช้งานโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติ

วิธีดำเนินการวิจัย

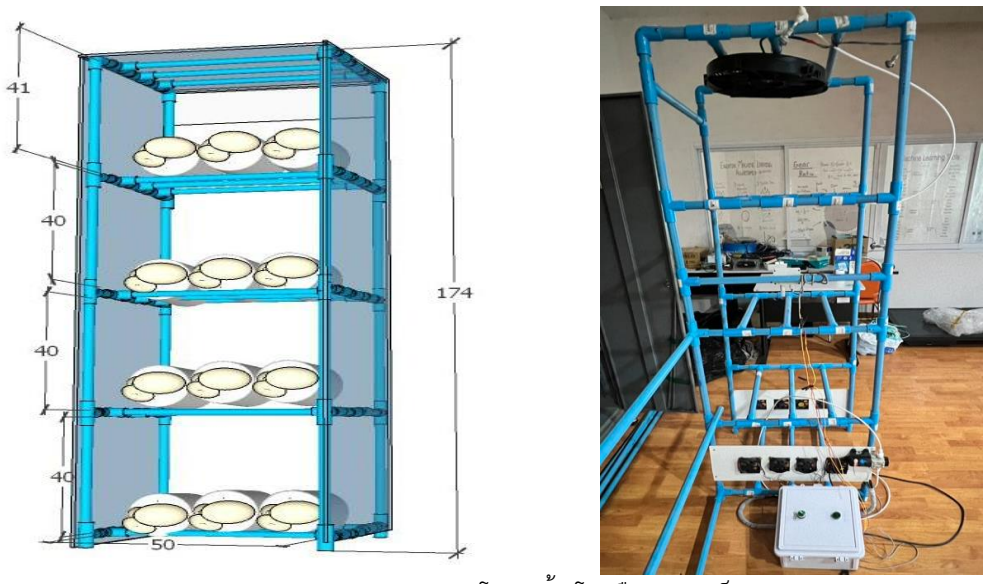
การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and development: R&D) โดยมีกระบวนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การออกแบบและพัฒนาโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดโดยใช้วัสดุท่อพีวีซี ขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร สูง 174 เซนติเมตร ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่เพาะเห็ดในบริบทของเกษตรกรรายย่อย จากนั้นได้ทำการติดตั้งชุดควบคุมที่ประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU-ESP32) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) เพื่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ระบบควบคุมนี้สามารถตรวจวัดและควบคุมปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสง และระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้เซ็นเซอร์ที่สื่อสารข้อมูลแบบ Modbus RS485 ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่ามีประสิทธิภาพการทำงานสูง และสามารถสั่งการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เพื่อควบคุมพัดลมระบายอากาศและปั๊มน้ำพ่นหมอกเพื่อรักษาสภาวะที่เหมาะสมภายในโรงเรือนแบบอัตโนมัติ ในขั้นตอนการเชื่อมต่อและจัดการข้อมูล ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลกับคลาวด์ผ่านโปรโตคอล MQTT โดยใช้ MQTT Broker ผ่าน IP Address: 61.19.33.12 เพื่อเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ ทั้งนี้ยังได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือที่สามารถใช้งานได้แบบหลายแพลตฟอร์ม (Multiplatform) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสถานะและควบคุมอุปกรณ์จาก

ระยะไกลได้อย่างสะดวก ส่งผลให้ระบบนี้ช่วยลดภาระในการดูแลโรงเรือนของเกษตรกร พร้อมส่งเสริมการประยุกต์ใช้นวัตกรรมดิจิทัลเพื่อการเกษตรอัจฉริยะในระดับชุมชนอย่างยั่งยืนต่อไป ดังแสดงตามภาพ 1

ภาพ 1 แสดงขั้นตอนการพัฒนาระบบโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติ

โครงสร้างโรงเพาะเห็ดนี้ได้ออกแบบให้มีขนาดกะทัดรัด โดยประกอบด้วยชั้นวางที่มีความสูงเท่ากัน 4 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูงห่างกัน 40 เซนติเมตร มีความกว้าง 50 เซนติเมตร และความสูงรวมทั้งหมด 174 เซนติเมตร แต่ละชั้นประกอบด้วยราวสำหรับวางถุงเพาะเห็ด โดยออกแบบให้สามารถวางถุงเพาะได้ 10-17 ก้อนต่อชั้น ห่อหุ้มด้วยวัสดุทึบ โดยใช้พลาสติกที่สามารถกันแมลง และกรองแสงได้พอเหมาะ ดังแสดงตามภาพ 2



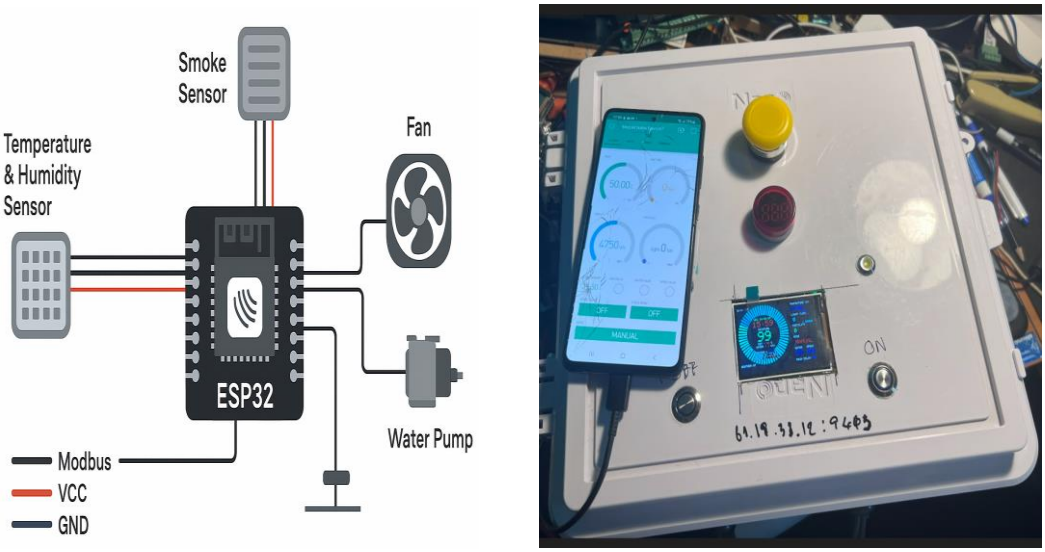
ภาพ 2 การออกแบบโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด

ระบบที่พัฒนาขึ้นมามีองค์ประกอบ 2 ส่วนหลัก คือ 1) โครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดและกล่องวงจรควบคุมระบบ 2) โปรแกรมประมวลผลและควบคุมผ่านระบบคลาวด์ ซึ่งรายการวัสดุเป็นตามแสดงในตาราง 1 ที่สามารถนำมาประกอบและเชื่อมต่อกันเพื่อสร้างระบบประมวลผลเชิงอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดได้ ซึ่งมีต้นทุนการพัฒนาประมาณ 2,700 บาท ที่อยู่ในรูปแบบต้นทุนต่ำพร้อมเน้นย้ำการใช้งานผ่านระบบสารสนเทศแบบฟรีหลาย ๆ รายการประกอบกัน โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เซ็นเซอร์ต่าง ๆ จะถูกติดตั้งในโรงเพาะเห็ดเพื่อตรวจวัดค่าความชื้น อุณหภูมิ และแสงสว่าง ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผล (MCU-ESP32) เพื่อประมวลผลโดยจะควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและพัดลมผ่านรีเลย์ เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดให้เหมาะสม (กฤษณะ มุ่ยสกุล และดุลยรัตน์ เศรษฐ์กุลนนท์, 2556) ผู้ใช้สามารถตรวจสอบข้อมูลและควบคุมระบบได้จากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์ รายละเอียดวัสดุอุปกรณ์ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 รายการวัสดุประกอบการพัฒนาระบบโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติ

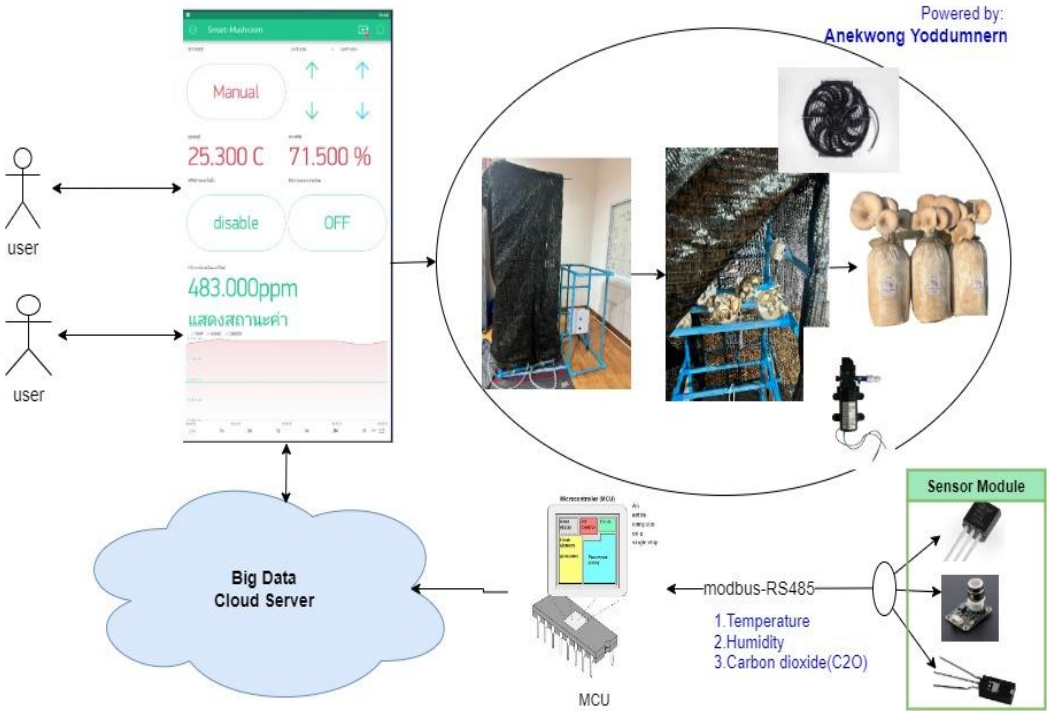
ที่	รายการ	หมายเหตุ/การใช้งาน
1	กล่องรวมวงจรกันน้ำ	รวมวงจรระบบและป้องกันน้ำ
2	ปั๊มน้ำ DC พร้อม Adapter	ดูดน้ำ ให้ความชื้น
3	MCU- ESP32-Wireless TTGO	หน่วยประมวลผลกลาง และตรวจสอบค่าเซ็นเซอร์
4	Relay 2 channel-Act.High	เปิด/ปิด Switch การทำงานพัดลม-ปั๊มน้ำ
5	Adapter 220ac-to-12 vdc	แปลงไฟขนาด 220 VAC เป็น 12 VDC
6	หัวพ่นน้ำแบบปรับขนาดและระยะได้	พ่นน้ำ รักษาความชื้นโรงเห็ด
7	สายซิลิโคน ยาว 400 เมตร	สายนำน้ำครอบคลุมโรงเรือน
8	ท่อพีวีซี ขนาด 2 หุน ยาว 15 เมตร	โครงสร้างโรงเรือน
9	พัดลมขนาด 17 นิ้ว แบบ DC 12 V.	ระบายอากาศ
10	แผงสะแลมแบบตะข่ายถี่ 5x10 ม.	กันแมลง และรักษาควาทชื้น/กันแดด

การพัฒนาระบบควบคุมโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติสามารถดำเนินการได้โดยนำอุปกรณ์ ดังแสดงข้างต้นมาต่อประกอบกันอย่างเป็นระบบ เริ่มจากโครงสร้างโรงเรือนที่สร้างด้วยท่อพีวีซีขนาด 2 หุนยาว 15 เมตร และหุ้มด้วยแผงสะแลมตาข่ายถี่ขนาด 5x10 เมตรเพื่อป้องกันแมลงและควบคุมแสง รวมทั้งช่วยรักษาความชื้นภายในโรงเรือน ภายในติดตั้งพัดลม DC ขนาด 17 นิ้วเพื่อระบายอากาศและปั๊มน้ำ DC พร้อมอะแดปเตอร์สำหรับสร้างละอองน้ำ โดยหัวพ่นน้ำปรับขนาดได้และเชื่อมต่อด้วยสายซิลิโคนยาว 400 เมตรเพื่อกระจายน้ำทั่วโรงเรือน ระบบไฟฟ้าใช้ Adapter 220 VAC แปลงเป็น 12 VDC เพื่อจ่ายพลังงานเข้าสู่กล่องรวมวงจรกันน้ำที่ภายในติดตั้ง MCU-ESP32 ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลางและตรวจสอบค่าจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าหลักเชื่อมผ่าน Relay 2 channel ที่ควบคุมการเปิด/ปิดพัดลมและปั๊มน้ำ เพื่อให้ทำงานอัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่ตรวจวัดได้ ดังแสดงตาม ภาพ 3



ภาพ 3 การผังวงจรที่เชื่อมต่อผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) และกล่องวงจรควบคุม

เป้าหมายที่คาดว่าจะได้รับการวิจัยนี้อีกด้านหนึ่ง คือ การยกระดับคุณภาพชีวิตและสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจให้กับผู้สูงอายุในพื้นที่อำเภอเมืองและอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ผ่านการพัฒนานวัตกรรมโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะที่ตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้สูงอายุอย่างแท้จริง โดยมุ่งเน้นการออกแบบระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน สามารถเคลื่อนย้ายได้ และควบคุมด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) โครงสร้างโรงเรือนพัฒนาขึ้นด้วยวัสดุอลูมิเนียมน้ำหนักเบาและทนทาน ออกแบบให้สามารถพับเก็บและเคลื่อนย้ายได้สะดวก ชั้นวางเพาะปลูกสามารถปรับระดับและขนาดได้ตามพื้นที่ใช้สอย ระบบควบคุมหลักคือกล่องวงจรอัจฉริยะที่ติดตั้งเซ็นเซอร์ความแม่นยำสูง สามารถตรวจวัดปัจจัยสำคัญในการเพาะปลูกเห็ด ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น แสง และคุณภาพอากาศ (ศิริพร หัสสรังสี และอภิรัชต์ สมฤทธิ์, 2551) กล่องควบคุมระบบถูกออกแบบให้มีขนาดกะทัดรัด มีระบบประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ พร้อมช่องเสียบซิมการ์ดเพื่อการติดต่อสื่อสาร ผู้ใช้สามารถติดตามและควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่มีการออกแบบอินเทอร์เฟซให้ใช้งานง่าย มีปุ่มกดขนาดใหญ่และตัวอักษรชัดเจนเหมาะสำหรับผู้สูงอายุ นอกจากนี้ ระบบยังมีฟังก์ชันแจ้งเตือนผ่านข้อความและเสียงเมื่อพบความผิดปกติในการเพาะปลูก โดยมีปัจจัยดำเนินการ ดังนี้ 1) ออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดแบบเคลื่อนย้ายได้ 2) พัฒนากล่องวงจร ที่มีเซ็นเซอร์เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 3) พัฒนา Private cloud เพื่อจัดเก็บข้อมูล 4) การโปรแกรมและพัฒนาแอปพลิเคชันควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน โดยจุดเด่นของนวัตกรรมนี้คือความยืดหยุ่นและง่ายต่อการใช้งาน สามารถเพาะเห็ดได้หลายสายพันธุ์ และปรับสภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ ช่วยลดภาระการดูแล และเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้กับผู้สูงอายุ จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่ากลุ่มผู้สูงอายุในพื้นที่มีความสนใจเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการเพาะปลูกเห็ดที่ใช้พื้นที่น้อยและสามารถสร้างรายได้อย่างต่อเนื่อง



ภาพ 4 แสดงผังกระบวนการประมวลผลระบบระบบโรงเห็ดอัตโนมัติ

ภาพ 4 แสดงถึงระบบควบคุมการเพาะเห็ดอัตโนมัติ โดยมีผู้ใช้ (User) สามารถตรวจสอบและควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเพาะเห็ดผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ซึ่งแสดงข้อมูลแบบเรียลไทม์ เช่น อุณหภูมิ 25.30°C ความชื้นร้อยละ 71.50 และระดับคาร์บอนไดออกไซด์ 483.00 ppm ผู้ใช้สามารถตั้งค่าและควบคุมระบบได้ทั้งแบบอัตโนมัติ (Disable) และแบบกำหนดเอง (Manual) โดยข้อมูลจากแอปพลิเคชันจะถูกส่งไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (Big data cloud server) เพื่อประมวลผลและจัดเก็บ (Boonchieng et al., 2018) จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยัง MCU ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงเพาะเห็ด เช่น พัดลม (Fan) ระบบพ่นน้ำ (Misting system) และเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม (Sensor module) ซึ่งประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยระบบนี้ใช้การสื่อสารแบบ Modbus-RS485 เพื่อเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ และ MCU ทำให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

2. การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติ เพื่อประเมินความคิดเห็นและประสบการณ์การใช้งานของกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรและผู้สูงอายุในพื้นที่อำเภอเมืองและอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นผู้เข้าร่วมกิจกรรมฝึกอบรมและทดสอบการใช้งานระบบต้นแบบในพื้นที่จริง รวมทั้งสิ้น 115 คน แบ่งเป็นเพศชาย 83 คน ร้อยละ 72.17 และเพศหญิง 32 คน ร้อยละ 27.83 กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวถูกคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากมีประสบการณ์ตรงในการเพาะเห็ดหรือมีความสนใจในการใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อการเกษตร โดยการเก็บข้อมูลดำเนินการผ่าน แบบสอบถามความพึงพอใจ (Satisfaction questionnaire) ซึ่งพัฒนาโดยผู้วิจัยตามกรอบแนวคิดของงานวิจัยและผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการเกษตรจำนวน 3 ท่าน

ในส่วนแบบสำรวจเพื่อใช้ประเมินความพึงพอใจตามแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (เพศ อายุ และประสบการณ์ด้านการเกษตรกรรม)

ตอนที่ 2 รายการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ รวม 16 รายการ เช่น ความสะดวกในการติดตั้ง ความแม่นยำของเซ็นเซอร์ ความเสถียรของระบบ และความง่ายในการควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับการพัฒนาระบบในอนาคต

แบบสอบถามใช้มาตราส่วนประเมินค่าแบบลิคเคิร์ต 5 ระดับ (5-point Likert scale) โดยมีค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability: Cronbach's alpha) มีค่าเท่ากับ 0.87 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง แสดงถึงความสอดคล้องของข้อคำถามที่ดีในการวัดความพึงพอใจของผู้ใช้

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาต้นแบบโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติ พบว่าโรงเรือนสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายและถอดประกอบได้สะดวก สามารถนำไปใช้ได้ทุกพื้นที่แม้จะมีขนาดเล็ก ซึ่งโรงเรือนเพาะเห็ดนี้ใช้พื้นที่ขนาด 2.5 ตารางเมตร ที่ความสูง 1.47 เมตร เท่านั้น และการใช้กล่องวงจรควบคุมการทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับต้นทุน และผลผลิตที่ได้ตามมา ซึ่งการเพาะเห็ดเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการควบคุมสภาพแวดล้อมที่ต้องการความแม่นยำ เนื่องจากเห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ การจัดการสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิต ลดการเกิดโรค และปรับปรุงคุณภาพของเห็ดที่ได้ ปัจจัยที่ต้องควบคุมหลัก ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ แสงสว่าง และการระบายอากาศ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดและการเกิดดอกจะแตกต่างกันไปตามชนิดของเห็ด ตัวอย่างเช่น เห็ดนางฟ้าต้องการอุณหภูมิประมาณ 22-28 องศาเซลเซียส ขณะที่เห็ดหลินจือเติบโตได้ดีที่ 25-30 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป อาจส่งผลให้เส้นใยเจริญเติบโตช้าหรือเกิดการติดเชื้อจากเชื้อราหรือแบคทีเรียอื่น ๆ การรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในระดับที่เหมาะสมก็มีความสำคัญ โดยทั่วไปเห็ดต้องการความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ร้อยละ 80-90 เพื่อป้องกันไม่ให้ก้อนเชื้อแห้งและส่งเสริมการสร้างดอกเห็ด นอกจากนี้ ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศควรอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้โครงสร้างของเห็ดเติบโตได้ดี โดยเห็ดบางชนิดต้องการระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำเพื่อกระตุ้นการพัฒนาของดอกเห็ด เช่น เห็ดหอมที่ต้องการระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า 800 ppm เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของก้านเห็ดที่ผิดปกติ

ในการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ด โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การสั่งเปิดระบบ การสั่งปิดระบบ และการตั้งระบบเชิงอัตโนมัติ โดยแต่ละส่วนมีการทดสอบ 10 ครั้ง และวัดผลเป็นร้อยละของความเที่ยงตรง ดังรายละเอียดตามตาราง 2

ตาราง 2 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

รายการประเมิน	การสั่งเปิดระบบ		การสั่งปิดระบบ		การตั้งระบบเชิงอัตโนมัติ	
	10 ครั้ง	ร้อยละ	10 ครั้ง	ร้อยละ	10 ครั้ง	ร้อยละความเที่ยงตรง
ระบายอากาศ-พัดลม	10	100	10	100	8	80
ระบบปั๊มพ่นน้ำ	10	100	10	100	9	90

2. การสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติ โดยมีผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 115 คน จากชุมชนต่าง ๆ ในเขตอำเภอเมืองและอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ซึ่งแยกเป็นเพศชาย 83 คน คิดเป็นร้อยละ 72.17 เพศหญิง 32 คน คิดเป็นร้อยละ 27.83 ในส่วนช่วงอายุพบว่าอายุน้อยกว่า 35 จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 23.48 ช่วงอายุระหว่าง 35 -55 จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 30.43 อายุมากกว่า 55 ปี จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 46.09 และเมื่อประเมินความพึงพอใจใน 16 รายการหลัก ดังแสดงตามตาราง 3 ซึ่งครอบคลุมตามกรอบการวิจัย

ตาราง 3 แสดงความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติ

ที่	รายละเอียดการประเมิน	$\bar{x}$ (S.D.)	ร้อยละ	แปลผล
1	ขนาดโรงเรือนเห็ดกะทัดรัด	4.12 (0.91)	82.43	มาก
2	ขนย้ายและติดตั้งได้สะดวก	4.39 (0.63)	87.83	มาก
3	โครงสร้างแข็งแรง	4.66 (0.57)	93.22	มากที่สุด
4	อุณหภูมิ และการรายงานผลตรงตาม App.	4.56 (0.61)	91.13	มากที่สุด
5	ขนาดพัดลม-ระบายความร้อนเหมาะสมกับพื้นที่	4.21 (0.99)	84.17	มาก
6	ชุดพ่นน้ำเหมาะสม	4.09 (0.88)	81.74	มาก
7	การตอบสนองระบบเมื่อสั่งงาน	4.25 (0.71)	85.04	มาก
8	มีความปลอดภัย	4.18 (0.71)	83.65	มาก
9	รูปแบบ App. ใช้งานง่าย	4.23 (0.73)	84.52	มาก
10	การสั่งงานผ่าน Mobile	4.22 (0.71)	84.35	มาก
11	ความเที่ยงตรงของการประมวลผลระบบ	4.35 (0.70)	86.96	มาก
12	จำนวนก้อนเห็ดในการเพาะเหมาะสม	4.34 (0.64)	86.78	มาก
13	ความเที่ยงตรงของเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	4.25 (0.73)	85.04	มาก
14	ความเที่ยงตรงของเซ็นเซอร์ความชื้น	4.29 (0.67)	85.74	มาก
15	ความเที่ยงตรงของเซ็นเซอร์วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	3.94 (0.90)	78.78	มาก
16	การตั้งต่าระบบเชิงอัตโนมัตและความเที่ยงตรง	4.10 (0.86)	81.91	มาก
	รวม	**4.26 (0.75)**	**85.21**	**มาก**

จากผลการสำรวจพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบโรงเรือนเพาะเห็ดอัตโนมัติในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 85.21 มีค่าเฉลี่ย 4.26 (0.75) อย่างไรก็ตาม ควรให้ความสำคัญกับหัวข้อที่ 15 ความเที่ยงตรงของเซ็นเซอร์วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คิดเป็นร้อยละ 78.78 มีค่าเฉลี่ย 3.94 (0.90) อาจจะเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้งาน แต่ผลการตอบสนองของระบบออนไลน์เป็นไปอย่างเหมาะสมและเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน

อภิปรายผลการวิจัย

เทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมของโรงเพาะเห็ดมีความก้าวหน้าเพียงพอในปัจจุบัน โดยเฉพาะการนำระบบเซ็นเซอร์และ IoT มาใช้เพื่อวัดและปรับค่าปัจจัยสำคัญโดยอัตโนมัติ (วันวิสา เนตรชัง และปรีชา ศรีจันทร์, 2556) อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นต้นทุนต่ำแต่ประสิทธิภาพสูง เช่น DHT22 หรือ SHT31 สามารถตรวจสอบค่าที่เกิดขึ้นจริงในโรงเรือนและส่งข้อมูลไปยังระบบควบคุมที่สามารถสั่งระบบรักษาสภาพอากาศ ทั้งเครื่องพ่นหมอก หรือพัดลมระบายอากาศ ให้ทำงานตามค่าที่กำหนด นอกจากนี้ ระบบควบคุมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อัตโนมัติที่ใช้เซ็นเซอร์ NDIR (Non-dispersive infrared) สามารถตรวจจับปริมาณก๊าซในโรงเรือนและปรับการระบายอากาศเพื่อลดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (Kassim et al., 2019) การควบคุมแสงสว่างก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญ เนื่องจากเห็ดบางชนิดต้องการแสงเพียงเล็กน้อยเพื่อกระตุ้นการสร้างดอก ในขณะที่บางชนิดสามารถเติบโตได้ในที่มืดสนิท ดังนั้นการใช้ระบบไฟ LED ที่สามารถตั้งค่าความเข้มและระยะเวลาการเปิด-ปิดได้จึงช่วยให้การเพาะเห็ดมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย โดยทำให้การเพาะเห็ดสามารถดำเนินการได้อย่างเป็นระบบ ลดความสูญเสีย และช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1. การออกแบบโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดสามารถปรับระยะและขนาดได้หลากหลาย เพื่อให้เหมาะสมตามพื้นที่การใช้งาน นอกจากนั้นวัสดุที่นำมาทำโครงสร้างโรงเรือนอาจจะเป็นไม้ไผ่ หรือใช้เสาเหล็กเพิ่มเพื่อความคงทน นอกจากนั้น การทำงานการตรวจวัดค่าของเซ็นเซอร์ยังมีความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน ซึ่งมีค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิและความชื้นเพียงร้อยละ 4.37 และ 4.20 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจจะเกิดจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของการควบคุมอัตโนมัติที่ใช้การควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) ในปัจจุบันที่มีจุดเด่นในด้านเสถียรภาพ มีความถูกต้องแม่นยำในการทำงาน ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวน และมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีเมื่อเทียบกับตัวควบคุมแบบไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอื่น สอดคล้องกับที่ เบญจพล เรืองศักดิ์ และณัฐวุฒิ ขันมัง (2556) ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาแก้ไขปัญหาการควบคุมในเครื่องจักรแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อปรับปรุงระบบให้มีเสถียรภาพ สามารถลดปัญหาจากการหยุดทำงานของเครื่องจักรอย่างไม่ตั้งใจได้ ทำให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ในส่วนของเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้การสื่อสารแบบ Modbus RTU ที่เป็นโปรโตคอลมาตรฐานระดับอุตสาหกรรม เชื่อมต่อแบบ RS485 ที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ไกลถึง 1.2 กิโลเมตร และเชื่อมต่อกันได้มากถึง 32 จุด ด้วยคุณสมบัติที่สามารถต่อเชื่อมโยงใช้งานกันได้หลายจุดแม้จะมีระยะทางที่ไกล ทำให้ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์มีความถูกต้อง ระบบจึงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mohd Hishamuddin & Ubin, 2022; Rukhiran et al., 2023)

2. กลุ่มผู้ใช้งานโรงเรือนเพาะเห็ดนี้ มีความหลากหลายในช่วงวัยต่าง ๆ ตั้งแต่วัยรุ่น ผู้ใหญ่ และผู้สูงอายุ การตอบสนองต่อเป้าหมายอาจจะไม่ครอบคลุมกับบางคน และผู้ร่วมใช้งานยังมีระดับความรู้ที่ต่างกันโดยเฉพาะการใช้งานระบบผ่านระบบโทรศัพท์ยังติดขัดบ้าง ด้วยผู้ใช้มีระบบปฏิบัติการสมาร์ทโฟนที่แตกต่างกัน การออกแบบแอปพลิเคชันอาจจะต้องเพิ่มทางเลือกให้เพียงพอกับกลุ่มผู้ใช้งานโดยเฉพาะผู้สูงอายุ และผู้ที่ยังไม่มีโทรศัพท์เป็นของตนเอง

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นเพื่อพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมโรงเพาะเห็ดอัตโนมัติแบบเคลื่อนย้ายได้ด้วยเทคโนโลยี IoT และประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น โดยเริ่มจากการออกแบบโครงสร้างโรงเห็ดขนาดกะทัดรัด กว้าง 50 เซนติเมตร สูง 174 เซนติเมตร ทำจากท่อพีวีซีเพื่อให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและติดตั้งในพื้นที่จำกัด ระบบควบคุมภายในโรงเรือนพัฒนาโดยใช้บอร์ด ESP32 เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น แสง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่าน Wi-Fi ไปยังคลาวด์ผ่าน MQTT Broker (IP: 61.19.33.12) โดยมีระบบควบคุมพัดลมและปั๊มน้ำทำงานอัตโนมัติเพื่อรักษาสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ด ระบบสามารถควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วงร้อยละ 80–90 และอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 22–28 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน นอกจากนี้ยังได้พัฒนาแอปพลิเคชันแบบ Multiplatform สำหรับแสดงผลและควบคุมระบบจากระยะไกล ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ และรับการแจ้งเตือนหากมีค่าผิดปกติเกิดขึ้น ผลการทดสอบกับกลุ่มเกษตรกรและผู้ใช้งานจริงจำนวน 115 คน จากชุมชนในเขตอำเภอเมืองและอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย แสดงให้เห็นถึงระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 85.21 ด้วยค่าเฉลี่ย 4.26 (0.75) โดยเฉพาะในประเด็นเรื่องความแข็งแรงของโครงสร้าง ความแม่นยำของระบบรายงานผล และความสะดวกในการติดตั้งได้รับคะแนนในระดับ มากถึงมากที่สุด อย่างไรก็ตาม หัวข้อที่ควรให้ความสำคัญเพิ่มเติมคือ ความเที่ยงตรงของเซ็นเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์ คิดเป็นร้อยละ 78.78 ซึ่งได้คะแนนต่ำที่สุดเฉลี่ย 3.94 (0.90) อาจสะท้อนถึงข้อจำกัดของเซ็นเซอร์ที่ใช้ และการทำงานร่วมของพัดลมและเครื่องพ่นไอน้ำภายในโรงเรือน แต่โดยรวมระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพพอในการประยุกต์ใช้งานจริง

จากการดำเนินงานวิจัยพบว่าแม้ระบบจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในโรงเรือนต้นแบบ แต่การพัฒนาในระยะต่อไปควรเน้นการเพิ่มความสามารถในการประมวลผลล่วงหน้า เช่น การวิเคราะห์แนวโน้มสภาพอากาศและการแจ้งเตือนเชิงคาดการณ์ (Predictive alert) รวมถึงการออกแบบอินเทอร์เฟซของแอปพลิเคชันให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานที่ไม่ถนัดเทคโนโลยี นอกจากนี้ ควรมีการขยายการทดลองในพื้นที่จริงที่มีสภาพภูมิอากาศแตกต่างกัน เพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบในบริบทที่หลากหลาย และควรจัดทำคู่มือการใช้งานที่เข้าใจง่ายเพื่อสนับสนุนให้ชุมชนสามารถนำระบบไปใช้ได้อย่างยั่งยืน (Surige et al., 2022) และต่อยอดได้ด้วยตนเองในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การขยายขนาดการผลิตและการสร้างฟาร์มเห็ดอัจฉริยะขนาดใหญ่ จากการพัฒนาโรงเพาะเห็ดต้นแบบสามารถขยายระบบไปสู่ฟาร์มเพาะเห็ดขนาดใหญ่ที่ใช้เทคโนโลยี IoT ในการควบคุมสภาพแวดล้อมแบบครบวงจร โดยเพิ่มเซ็นเซอร์และอุปกรณ์อัตโนมัติเพื่อจัดการหลายโรงเรือนพร้อมกัน และใช้ AI วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเพิ่มผลผลิตให้มีคุณภาพสูงขึ้น

2. การบูรณาการระบบเพาะเห็ดกับการเกษตรอัจฉริยะอื่น ๆ ระบบโรงเพาะเห็ด IoT สามารถนำไปใช้ร่วมกับแนวคิดเกษตรกรรมแบบหมุนเวียน (Circular agriculture) เช่น การใช้วัสดุเหลือใช้จากฟาร์มเกษตร เช่น ฟางข้าว หรือขี้เลื่อย เป็นวัสดุเพาะเห็ด และนำเศษเหลือจากการเพาะเห็ดไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับพืชผักอินทรีย์ ซึ่งจะช่วยลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การพัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมผ่านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence: AI) และแชทบอต (Chatbot) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการให้คำแนะนำการดูแลโรงเพาะเห็ดแบบอัตโนมัติ โดยระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันหรือ Line chatbot เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่ต้องปรับปรุงสอดคล้องตาม และเสนอแนวทางการแก้ไขได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยลดภาระของเกษตรกรและเพิ่มความสะดวกในการดูแลโรงเรือนจากระยะไกล

2. การสร้างเครือข่ายการตลาดออนไลน์และโมเดลธุรกิจฟาร์มเห็ดอัจฉริยะ นอกจากการพัฒนาเทคโนโลยีเพาะเห็ดแล้ว การสร้างแพลตฟอร์มพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-commerce) เพื่อให้เกษตรกรสามารถจำหน่ายเห็ดสดหรือผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น เห็ดอบแห้ง ผงเห็ด หรืออาหารแปรรูปจากเห็ด ได้โดยตรงถึงผู้บริโภคผ่านช่องทางออนไลน์ จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และลดการพึ่งพาพ่อค้าคนกลาง

3. การขยายไปสู่โมเดล Smart community และเกษตรกรผู้สูงอายุสำหรับชุมชนผู้สูงอายุ โรงเพาะเห็ด IoT สามารถเป็นโมเดลต้นแบบในการสร้างงานและอาชีพเสริมให้แก่ผู้สูงอายุ โดยสามารถพัฒนาเป็นศูนย์การเรียนรู้สำหรับการเพาะเห็ดอัจฉริยะ ส่งเสริมการทำงานร่วมกันในชุมชน และช่วยให้ผู้สูงอายุมีรายได้เสริมจากการเพาะเห็ดโดยไม่ต้องใช้แรงงานหนัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อหน่วยงาน องค์กร บุคคล และชุมชนที่มีส่วนร่วมในการสนับสนุนงานวิจัยนี้ โดยเฉพาะสำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา (สวพ.) ที่ได้มอบทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้โครงการศึกษาวิจัย ซึ่งช่วยให้สามารถดำเนินงานได้อย่างสมบูรณ์ ครอบคลุมทั้งการศึกษา ทดลอง และสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 2 วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงราย ได้เอื้ออำนวยความสะดวกในการพัฒนาเทคโนโลยี พร้อมการติดต่อประสานชุมชนเพื่อร่วมศึกษาทดลองการนำระบบไปใช้งาน รวมถึงกลุ่มแม่บ้าน ชุมชนเกษตรกร และผู้สูงอายุในเขตอำเภอเมืองและอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

เอกสารอ้างอิง

กฤษณะ มุ่ยสกุล และดุลยรัตน์ เศรษฐ์กุลนนท์. (2556). โครงการโรงเพาะเห็ดระบบอัตโนมัติ. ใน *การประชุมวิชาการสำหรับนักศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 2* (น.69–75). คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

เบญจพล เรืองศักดิ์ และณัฐวุฒิ ขันมัง. (2556). *ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับใช้ในโรงเพาะเห็ด.* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

รัฐพล ศรประเสริฐ และสยาม อรุณศรีมรกต. (2557). การเพาะเห็ดแครงเสริมด้วยใบหญ้าแฝกลุ่มในวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม*, *22*(6), 837-847.

วันวิสา เนตรชัง และปรีชา ศรีจันทร์. (2556). ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับใช้ในโรงเรือนเพาะเห็ด. ใน ปรารถนา โนวิจัย และวีระศักดิ์ ศักดิ์เจริญ (บ.ก.), *ชุมชนท้องถิ่น ฐานรากการพัฒนาประชาคมอาเซียน. การประชุมวิชาการ “การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน” ครั้งที่ 3* (น.641–645). มหาวิทยาลัยขอนแก่น. https://cscd.kku.ac.th/uploads/proceeding/150813_140155.pdf

ศิริพร หัสสรังสี และอภิรัชต์ สมฤทธิ์. (2551). การสำรวจขั้นตอนการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเห็ดที่มีผลต่อคุณภาพเห็ดหลังการเก็บเกี่ยวภาคเหนือตอนบน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 39*(พิเศษ 3), 147-150. https://www.phtnet.org/download/phtic-seminar/350.pdf

Boonchieng, E., Chieochan, O., & Saokaew, A. (2018). Smart farm: Applying the use of NodeMCU, IoT, NETPIE and LINE API for a Lingzhi mushroom farm in Thailand. *IEICE Transactions on Communications, E101.B*(1), 16-23. https://doi.org/10.1587/transcom.2017ITI0002

Kassim, M. R. M., Mat, I., & Yusoff, I. M. (2019). Applications of Internet of Things in Mushroom Farm Management. In *2019 13th International Conference on Sensing Technology (ICST)* (pp.1-6). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICST46873.2019.9047702

Mohd Hishamuddin, M. H., & Ubin, A. (2022). Mushroom house monitoring system using internet of things (IoT). *Evolution in Electrical and Electronic Engineering*, *3*(1), 545-553. https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/eeee/article/view/3935

Rukhiran, M., Sutanthavibul, C., Boonsong, S., & Netinant, P. (2023). IoT-based mushroom cultivation system with solar renewable energy integration: Assessing the sustainable impact of the yield and quality. *Sustainability, 15*(18), 13968. https://doi.org/10.3390/su151813968

Surige, Y. D., Perera, W. S. M., Gunarathna, P. K. N., Ariyarathna, K. P. W., Gamage, N. D. U., & Nawinna, D. P. (2022). IoT-based monitoring system for oyster mushroom farms in Sri Lanka. *International Journal of Research in Computing*, *1*(1), 21-30. https://doi.org/10.64701/zijrc/345/5295

ผลของการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในอาหารต่อการเจริญเติบโตและสีของปลาทอง

วันที่รับ: 29 มิถุนายน 2568
วันที่แก้ไข: 17 กันยายน 2568
วันที่ตอบรับ: 18 กันยายน 2568

สุภภณ พลอยอิ่ม[1], ศุภกร หน้อยวงษ์[1],
ประวัติ ปรางสุรางค์[1] และ อพิศรา หงส์หิรัญ[1*]
[1]คณะวิทยศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดพิษณุโลก
*Corresponding author e-mail: moddy_moddy@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในอาหารต่อการเจริญเติบโตและสีของปลาทอง (*Carassius auratus*) การทดลองถูกออกแบบแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดควบคุม (ไม่เสริมดอกสุพรรณิการ์ผง) และชุดทดลองที่ได้รับอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในระดับร้อยละ 1.5, 3 และ 5 โดยแต่ละชุดมี 3 ซ้ำ อาหารที่ใช้เลี้ยงมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 40 ให้ปลากินวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00–10.00 น. และ 15.00–16.00 น. เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ ระหว่างการทดลอง ได้ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดค่าสีของปลาทองทุก 2 สัปดาห์ โดยประเมินค่าความสว่าง (*L**), ค่าสีแดง (*a**) และค่าสีเหลือง (*b**) เพื่อศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพสีของปลา เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) แต่ในด้านค่าสีของปลาทอง พบว่าค่าความสว่าง (*L**), ค่าสีแดง (*a**) และค่าสีเหลือง (*b**) ของปลาที่ได้รับอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงทุกระดับมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 5 ให้ค่าสีดีที่สุด เนื่องจากดอกสุพรรณิการ์มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงถึง 28.91(0.43) mg β-carotene/g ซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นสารให้สีธรรมชาติ (Coloring agent) ในอาหาร ส่งผลให้สีของปลาทองมีความสว่างเพิ่มขึ้น ลักษณะสีสันโดยรวมมีความสดใสและสังเกตได้ชัดเจน จึงเป็นแนวทางในการเพิ่มคุณภาพสีของปลาทอง และมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเชิงพาณิชย์สำหรับปลาสวยงามต่อไป

คำสำคัญ: ดอกสุพรรณิการ์, การเจริญเติบโต, สีของปลาทอง, ปลาทอง

EFFECTS OF SUPPLEMENTATION OF YELLOW SILK COTTON FLOWERS POWDER IN THE DIET ON THE GROWTH AND COLOR OF GOLDFISH

Received: June 29, 2025
Revised: September 17, 2025
Accepted: September 18, 2025

Supaphon Ployim[1], Supakorn Noiwong[1], Prawat Prangsurang[1] and Apisara Honghirun[1*]
[1]Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok, Thailand
*Corresponding author e-mail: moddy_moddy@rmutl.ac.th

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of supplementing Marigold flower powder (*Cochlospermum regium*) in the diet on the growth and coloration of goldfish (*Carassius auratus*). The experiment was conducted using a completely randomized design with four treatments: control (0%) and diets supplemented with 1.5%, 3%, and 5% Marigold flower powder, each with three replicates. All diets contained 40% protein, and fish were fed twice daily (09:00–10:00 and 15:00–16:00) for 10 weeks. Fish were randomly weighed and measured for color parameters every two weeks, including lightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*), to assess growth performance and color quality. At the end of the experiment, dietary supplementation with Marigold flower powder did not significantly affect growth performance or survival rate ($p > .05$). However, fish fed diets supplemented with Marigold flower powder at all levels exhibited significantly higher lightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*) compared to the control ($p > .05$). Notably, fish receiving 5% supplementation showed the highest color values, which can be attributed to the high carotenoid content in Marigold flower (28.91(0.43) mg β-carotene/g), acting as a natural coloring agent. This resulted in brighter and more vivid overall coloration. These findings indicated that Marigold flower powder could effectively enhance goldfish coloration and had potential for development as a commercial feed for ornamental fish.

Keywords: Yellow silk cotton, Growth, Goldfish coloration, Goldfish

บทนำ

อุตสาหกรรมการส่งออกปลาสวยงามของประเทศไทยมีมูลค่าและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะปลาสวยงามที่มีรูปร่างที่แปลกตาและมีสีสัน ในทุก ๆ ปี มีการขยายตัวของตลาดปลาสวยงามเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งพบว่ามีปลาสวยงามมากกว่า 5,300 สายพันธุ์ (Novák et al., 2020) ประเทศไทยเป็นอันดับต้น ๆ ที่มีการส่งออกปลาสวยงามไปยังตลาดต่างประเทศ จากสถิติการส่งออกสัตว์น้ำในเดือนมกราคม–พฤษภาคม 2568 พบว่า ประเทศไทยได้ส่งออกสัตว์น้ำสวยงาม มีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 264,480,000 บาท โดยเฉพาะในกลุ่มของปลาทองติดอันดับ 1 ใน 10 ของสัตว์น้ำสวยงามที่มีศักยภาพในการพัฒนา (กรมประมง, 2568) และในปัจจุบันตลาดปลาสวยงามมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งปลาสวยงามของไทยมีความได้เปรียบทั้งในด้านความหลากหลายของสายพันธุ์ ความสวยงาม แปลกใหม่ และราคาไม่สูง ปลาสวยงามที่ได้รับความนิยม ได้แก่ ปลากัด ปลาหางนกยูง ปลาซิวข้างขวาน ปลาก้างพระร่วง และปลาทอง (กรมประมง, 2566)

ปลาทอง (*Carassius auratus*) เป็นสายพันธุ์ปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมในการเลี้ยงทั่วโลก ปลาทองมีสีส้มแดงโดดเด่น (Blanco & Unniappan, 2022) การศึกษาด้านโภชนาการที่ผ่านมาได้แสดงถึงข้อมูลอาหารที่เหมาะสมของปลาทองจะต้องโปรตีนร้อยละ 38–45 เพื่อให้เจริญเติบโตได้ดีที่สุดทั้งในระยะวัยอ่อนและระยะโตเต็มวัย (Bandyopadhyay et al., 2005) อย่างไรก็ตาม มีแนวโน้มที่เกษตรกรจะให้ความสำคัญกับอาหารโปรตีนสูงเพื่อเร่งการเจริญเติบโต ซึ่งอาจทำให้ละเลยสารอาหารอื่นที่จำเป็นต่อการพัฒนาสี จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพสีของปลา สารในกลุ่มที่จะช่วยให้มีการสร้างเม็ดสีได้ดีคือกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Elshafey et al., 2023; Gouveia & Rema, 2005; Khieokhajonkhet et al., 2022) ซึ่งปลาทองไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้ จึงต้องอาศัยจากอาหารที่ได้รับเป็นหลัก ในปัจจุบันมีการใช้วัตถุดิบจากพืชมาเป็นส่วนประกอบเสริมในสูตรอาหาร เช่น ผัก ผลไม้ และดอกไม้ต่าง ๆ ซึ่งแคโรทีนอยด์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ลดความเสียหายของเซลล์ ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันทำให้ปลาต้านทานโรคได้ดีขึ้น (de Carvalho & Caramujo, 2017) และสามารถสะสมในเนื้อและผิวหนังของปลาได้ ทำให้ปลาทองสีสวยสด รวมถึงลักษณะทางสรีรวิทยาอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็น รูปร่างของลำตัว ครีบ และขนาด โดยลักษณะดังกล่าวมีความสำคัญในการกำหนดราคาของปลาสวยงาม (Gouveia & Rema, 2005; Khieokhajonkhet et al., 2023; Nishshanka et al., 2022)

ดอกสุพรรณิการ์ (*Cochlospermum religiosum*) ปัจจุบันนิยมปลูกเป็นไม้ประดับ พบได้ทั่วไปในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กลีบดอกมีทั้งแบบกลีบซ้อนและแบบชั้นเดียวแล้วแต่สายพันธุ์ สีของดอกและเกสรเป็นสีเหลือง เมื่อดอกบานจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 เซนติเมตร ส่วนดอกประกอบไปด้วย โปรตีนร้อยละ 13.24(0.41) ไขมันร้อยละ 0.40(0.08) และมีสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ 8.88(0.38) mg CE/g, ฟีนอลิคทั้งหมด 48.83(0.41) mg GAE/g และมีแคโรทีนอยด์ สูงถึง 28.91(0.43) mg *β*-carotene/g (สุกัญยา แตงโม และคนอื่น ๆ, 2562; สุภาวดี แหยมคง และคนอื่น ๆ, 2564) ดอกแห้งและใบแห้งใช้เป็นยาบำรุง ดังนั้น ดอกสุพรรณิการ์ถือเป็นหนึ่งในทางเลือกสำหรับการใช้เป็นส่วนประกอบที่นำมาเสริมในอาหารสำหรับสัตว์น้ำสวยงาม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ดอกสุพรรณิการ์เป็นวัตถุดิบเสริมในอาหารปลาทองเพื่อเร่งสี อันเป็นการเพิ่มมูลค่าและความต้องการทางการตลาด โดยมุ่งเน้นการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเร่งสี การเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของปลาทอง ทั้งนี้ ผลการศึกษาอาจเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับปลากัดและปลาสวยงามชนิดอื่น ๆ เพื่อยกระดับศักยภาพการแข่งขันในตลาดโลก

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในอาหารต่อการเจริญเติบโตและสีของปลาทอง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในรูปแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) เพื่อศึกษาผลของการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในอาหารต่อการเจริญเติบโตและสีของปลาทอง โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดมี 3 ซ้ำ (Replication) ดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 สูตรอาหารเลี้ยงปลาทอง (ชุดควบคุม)

กลุ่มการทดลองที่ 2 สูตรอาหารเลี้ยงปลาทองที่ผสมดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 1.5

กลุ่มการทดลองที่ 3 สูตรอาหารเลี้ยงปลาทองที่ผสมดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 3

กลุ่มการทดลองที่ 4 สูตรอาหารเลี้ยงปลาทองที่ผสมดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 5

ทุกชุดการทดลองจะมีระดับโปรตีนในอาหารร้อยละ 40 โดยใช้ปลาทองที่มีน้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 4 กรัมต่อตัว การทดลองดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมบ่อทดลอง

เตรียมบ่อขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร ลึก 20 เซนติเมตร จำนวน 12 บ่อ แช่คลอรีนปริมาณความเข้มข้น 10 ppm นาน 7 วัน หลังจากนั้นล้างทำความสะอาดและเติมน้ำลงในบ่อจนได้ระดับความสูงประมาณ 15 เซนติเมตร พร้อมติดตั้ง เครื่องให้อากาศ (Air diffuser / หัวทราย หรือท่อกระจายอากาศ)

2. การเตรียมลูกปลาทองและการให้อาหาร

ลูกปลาทองที่ใช้ทดลองในครั้งนี้ เป็นลูกปลาทองที่ได้จากการเพาะรุ่นเดียวกัน โดยลูกปลาทองมีน้ำหนักเฉลี่ย 3.96(0.14) กรัมต่อตัว พักปลาทองไว้ 7 วัน ก่อนเริ่มทำการทดลอง และฝึกให้ปลาทองกินอาหารชุดควบคุม โดยให้อาหารวันละ 2 มื้อ อาหารที่ให้มีโปรตีนร้อยละ 40 มีอัตราการปล่อยปลาทอง 15 ตัว ต่อตารางเมตร

3. การเตรียมอาหารทดลอง

ดอกสุพรรณิการ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้นำมาจากธรรมชาติ โดยคัดแยกก้านออกให้เหลือแต่กลีบดอก จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาปั่นให้เป็นผง แล้วผสมกับวัตถุดิบต่าง ๆ ดังตาราง 1 ผสมให้เข้ากันและนำเข้าเครื่องอัดเม็ด และนำอาหารเม็ดไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำอาหารเม็ดที่ได้มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ได้แก่ โปรตีนโดยใช้วิธี Kjeldahl method ไขมันโดยวิธี Ether extract เยื่อใยโดยวิธี Fitted glass crucible method เถ้าโดยวิธี Muffle furnace combustion และความชื้นโดยวิธี Drying in vacuo at 103-105 °C ตามมาตรฐานของ Association of Official Analytical Chemist (Association of Official Analytical Chemist, 2000)

ตาราง 1 สูตรและองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผง (กรัม/กิโลกรัม, วัตถุแห้ง)

วัตถุดิบ	0	1.5	3	5
สูตรอาหาร (กรัม/กิโลกรัม$^{-1}$)				
ปลาป่น[a]	390	390	390	390
หมึกป่น[b]	140	140	140	140
กากถั่วเหลือง[c]	200	200	200	200
ข้าวโพดป่น	22	22	22	22
แป้งสาลี	84	69	54	34
ปลายข้าว	30	30	30	30
ผงดอกสุพรรณิการ์	0	15	30	50
น้ำมันถั่วเหลือง	110	110	110	110
วิตามันรวม[d]	5	5	5	5
แร่ธาตุรวม[e]	5	5	5	5
ไลซีน	7	7	7	7
เลซิทิน	4	4	4	4
วิตามินซี	3	3	3	3
รวม	**1,000**	**1,000**	**1,000**	**1,000**
องค์ประกอบ (%)				
ปริมาณโปรตีนทั้งหมด	39.587	39.580	39.573	39.564
ปริมาณไขมันทั้งหมด	12.147	12.144	12.141	12.137
ปริมาณเถ้าทั้งหมด	2.81	2.91	2.95	2.96
ปริมาณความชื้นทั้งหมด	7.62	7.51	7.54	7.63

หมายเหตุ: [a]ปลาป่น, ผู้จำหน่ายอาหารสัตว์แพร่พันธ์ จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย
[b]หมึกป่น, บริษัท โปร-สควิด จำกัด กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
[c]กากถั่วเหลือง, บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน) จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย
[d]วิตามิน SUN-MIX, บริษัท ม่วงคงอินเตอร์ฟู้ด จำกัด จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย
[e]แร่ธาตุ MINMIN, บริษัท ม่วงคงอินเตอร์ฟู้ด จำกัด จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย

4. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized designed, CRD) ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง (Treatment) การทดลองละ 3 ซ้ำ (Replication) โดยทำการศึกษาการใช้ดอกสุพรรณิการ์ผงที่ระดับต่าง ๆ ดังนี้

การทดลองที่ 1 อาหารมีส่วนผสมของดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 0 (ชุดควบคุม)
การทดลองที่ 2 อาหารมีส่วนผสมของดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 1.5
การทดลองที่ 3 อาหารมีส่วนผสมของดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 3
การทดลองที่ 4 อาหารมีส่วนผสมของดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 5

5. การบันทึกข้อมูล

5.1 บันทึกการเจริญเติบโตด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักทุก ๆ 2 สัปดาห์ จากนั้นนำมาคำนวณหาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย ดังสมการ (1), (2), (3), (4) และ (5) แสดงดังนี้

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain; grams)

= น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง (1)

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (Average daily growth; grams/fish/day)

$$= \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}} \quad (2)$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; percent/day)

$$= \frac{(\text{In น้ำหนักสุดท้าย} - \text{In น้ำหนักเริ่มต้น})}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}} \times 100 \quad (3)$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารทั้งหมดที่ปลากินตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{น้ำหนักรวมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักรวมเมื่อเริ่มการทดลอง}} \quad (4)$$

อัตราการรอดตาย (Survival rate; percent)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาที่ปล่อยเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100 \quad (5)$$

5.2 วัดค่าสีปลาทอง ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง (*L**, *a** และ *b**) ทุก ๆ 2 สัปดาห์ โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter lap colorFlex A60-1003-150

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละชุดการทดลอง โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลต่าง ๆ ในชุดการทดลอง โดยใช้วิธีการ Duncan’s new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย

การเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในอาหารปลาทองที่ระดับร้อยละ 1.5, 3 และ 5 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตรารอดตาย (SR) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่กลับพบว่า การเจริญเติบโตในบางตัว เช่น น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระดับความเข้มข้นของการเสริมดอกสุพรรณิการ์ และค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในระดับร้อยละ 1.5 แต่ความแตกต่างดังกล่าวก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นกัน ทั้งนี้อัตราการรอดตายในทุกกลุ่มอยู่ในระดับสูงเฉลี่ยร้อยละ 75–80 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติพบว่ามีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

ตาราง 2 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผง 10 สัปดาห์

การเจริญเติบโต	ระดับอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผง (ร้อยละ)				*p*-value
	0	1.5	3	5	
	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	
IBW (g/fish)	3.98 (0.02)	3.96 (0.08)	3.97 (0.06)	3.98 (0.02)	.704
FBW (g/fish)	9.98 (1.14)	10.31 (1.72)	10.66 (1.71)	11.12 (1.11)	.390
WG (g/fish)	6.01 (1.00)	6.33 (1.73)	6.70 (1.73)	7.20 (0.93)	.357
ADG (g/fish/day)	0.09 (0.02)	0.09 (0.01)	0.10 (0.02)	0.10 (0.01)	.368
SGR (%/day)	1.31 (0.11)	1.35 (0.25)	1.40 (0.23)	1.49 (0.10)	.311
FCR	2.40 (0.42)	2.03 (0.46)	2.20 (0.43)	2.21 (0.43)	.359
SR (%)	75.56 (7.70)	75.56 (3.85)	77.78 (7.70)	80.00 (6.67)	.463

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าค่าเฉลี่ย(ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ซึ่งได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)
อักษรย่อ: IBW (Initial body weight) = น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง;
FBW (Final body weight) = น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง;
WG (Weight gain) = น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น;
ADG (Average daily growth) = น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน;
SGR (Specific growth rate) = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ;
FCR (Feed conversion ratio) = อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ;
SR (Survival rate) = อัตราการรอดตาย

2. ค่าการวัดสีของปลาทอง

ผลการวัดค่าสีของปลาทอง ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*), ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยแบ่งการวัดทุก 2 สัปดาห์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันตามระดับการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผง (ตาราง 3) ดังนี้

ค่าความสว่าง (*L**) ของปลาทองในทุกกลุ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มจาก 43.63 (3.03) เป็น 48.45 (2.09) ในสัปดาห์ที่ 10 ขณะที่กลุ่มที่ได้รับการดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 5 มีค่าเพิ่มสูงกว่าทุกชุดการทดลอง โดยเพิ่มจาก 43.51 (2.17) เป็น 53.83 (2.18) แสดงให้เห็นถึงผลของการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงช่วยเพิ่มความสว่างของสีของปลาทองได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของค่าสีแดง (*a**) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกชุดการทดลอง โดยกลุ่มควบคุมเพิ่มจาก 20.33 (1.83) เป็น 22.73 (3.33) ขณะที่กลุ่มที่ได้รับการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 5 มีค่าเพิ่มจาก 20.26 (2.45) เป็น 33.42 (1.93) ในสัปดาห์ที่ 10 ซึ่งสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกชุดการทดลอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความเข้มของสีแดงในปลาทองได้อย่างเด่นชัด สำหรับค่าสีเหลือง (*b**) มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน โดยกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มจาก 38.60 (4.42) เป็น 39.98 (1.70) ขณะที่กลุ่มที่ได้รับการเสริมสารทดลองร้อยละ 5 มีค่าเพิ่มจาก 38.70 (5.32) เป็น 49.38 (1.85) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มความเข้มของสีเหลืองได้ดีที่สุดเช่นกัน ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

ตาราง 3 ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และสีเหลืองของปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผง 10 สัปดาห์

สัปดาห์	สี	0% (control)	1.5%	3%	5%
		$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)
เริ่มการทดลอง	*L**	43.63 (3.03)	43.86 (3.30)	43.23 (4.95)	43.51 (1.27)
	*a**	20.33 (1.83)	20.38 (1.70)	20.35 (2.57)	20.26 (2.45)
	*b**	38.60 (4.42)	38.57 (3.85)	38.40 (4.35)	38.70 (5.32)
สัปดาห์ที่ 2	*L**	46.23 (3.09^{c})	47.65 (2.92^{b})	47.30 (3.22^{b})	49.13 (4.24^{a})
	*a**	21.21 (3.02^{b})	21.69 (2.35^{b})	21.76 (3.24^{b})	24.19 (2.78^{a})
	*b**	38.85 (3.98^{b})	38.83 (3.89^{b})	39.78 (3.19^{a})	40.24 (4.14^{a})
สัปดาห์ที่ 4	*L**	47.26 (3.22^{c})	49.42 (3.21^{b})	49.79 (2.61^{b})	51.13 (3.10^{a})
	*a**	21.87 (2.23^{c})	21.99 (2.41^{c})	22.63 (2.40^{b})	26.28 (2.58^{a})
	*b**	39.17 (4.07^{b})	39.05 (2.31^{b})	40.63 (1.66^{b})	42.20 (3.70^{a})
สัปดาห์ที่ 6	*L**	48.53 (3.34^{c})	50.42 (4.05^{b})	50.98 (2.34^{a})	51.93 (7.89^{a})
	*a**	22.07 (3.56^{c})	22.98 (2.89^{c})	23.22 (2.76^{b})	28.63 (2.34^{a})
	*b**	39.52 (5.72^{b})	39.54 (5.71^{b})	41.15 (2.17^{b})	44.62 (4.50^{a})
สัปดาห์ที่ 8	*L**	50.12 (3.11^{b})	52.35 (4.21^{a})	52.03 (4.37^{a})	52.48 (5.33^{a})
	*a**	22.44 (3.87^{c})	24.52 (2.91^{b})	24.61 (2.74^{b})	30.98 (2.45^{a})
	*b**	39.74 (2.36^{c})	39.91 (3.33^{c})	41.93 (4.06^{b})	48.33 (5.12^{a})
สัปดาห์ที่ 10	*L**	48.45 (2.09^{b})	53.03 (4.01^{a})	53.54 (1.89^{a})	53.88 (6.43^{a})
	*a**	22.73 (3.33^{c})	25.06 (3.19^{b})	25.30 (2.63^{b})	33.42 (1.35^{a})
	*b**	39.98 (1.70^{c})	40.06 (3.73^{c})	42.03 (3.01^{b})	49.38 (1.85^{a})

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ซึ่งได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในอาหารต่อการเจริญเติบโตและสีของปลาทอง ในส่วนของการเจริญเติบโตมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเนื่องมาจากความแปรปรวนของข้อมูลภายในแต่ละกลุ่มการทดลองที่ค่อนข้างสูง และอาจเพราะระดับความเข้มข้นของดอกสุพรรณิการ์ผง ที่เสริมไปอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของปลาทอง ทำให้ไม่เห็นความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง อย่างไรก็ตาม แนวโน้มที่สูงขึ้นในกลุ่มการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 5 อาจมีส่วนมาจากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผง พบว่า การเจริญเติบโตของปลาทองที่ให้อาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงมีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่สูงกว่าชุดควบคุม มีน้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) สูงที่สุด รวมถึงมีสรรถนะของการเจริญเติบโตที่ดี โดยมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ที่ต่ำ และน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปรับวัน (ADG) มีแนวโน้มที่สูงกว่าชุดควบคุม อีกทั้งยังมีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดควบคุม เนื่องจากดอกสุพรรณิการ์ประกอบไปด้วยฟลาโวนอยด์และพีนอลิคทั้งหมด เท่ากับ 8.88 (0.38) mg CE/g และ 48.83 (0.41) mg GAE/g รวมทั้งยังมีสารออกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP) ประมาณ 60.00 (1.95) mg TE/g และ 81.60 (9.24) mg TE/g ตามลำดับ ซึ่งสารดังกล่าวเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายได้ (สุภาวดี แหยมคง และคนอื่น ๆ, 2563; Chakraborty & Hancz, 2011; Harikrishnan et al., 2011; Reverter et al., 2014; Sivaram et al., 2004)

ในการศึกษาผลของการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในระดับที่แตกต่างกันต่อการเกิดสีของปลาทอง พบว่า ค่าความสว่าง (*L**) ค่าสีแดง (*a**) และค่าสีเหลือง (*b**) ของปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงทุกระดับมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุเนื่องมาจากดอกสุพรรณิการ์มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงถึง 28.91 (0.43) mg *β*-carotene/g ซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นสารให้สีธรรมชาติ (Coloring agent) ในอาหาร จึงส่งผลให้ความสว่างของสีปลาทองเพิ่มขึ้น ทำให้ลักษณะสีสันโดยรวมมีความสดใสและสังเกตได้ชัดเจนทั้งนี้ปลาเป็นสัตว์ที่ไม่สามารถสังเคราะห์สารสีได้เอง สารสีที่พบในร่างกายต้องได้จากการบริโภค โดยเฉพาะสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ซึ่งเมื่อปลาได้รับสารซีแซนทีน (Zeaxanthin) จะถูกเปลี่ยนเป็นเบต้าแคโรทีน (*β*-carotene) และเปลี่ยนต่อไปเป็นแอสตาแซนทิน (Astaxanthin) และแคนทาแซนทิน (Cantaxanthin) สารสีทั้งสองชนิดนี้มีผลโดยตรงต่อการสะสมเม็ดสีในผิวหนังของปลา ทำให้สีสันเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วและมีความเด่นชัด โดยเฉพาะแอสตาแซนทินซึ่งเป็นแคโรทีนอยด์ที่มีบทบาทสำคัญในการทำให้สีของปลาเกิดความสดสวย (Gomes et al., 2002) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญยา แตงโม และคนอื่น ๆ (2562) ที่ได้ทำการวิเคราะห์สารสำคัญและสารสีจากดอกไม้ที่บริโภคได้ 4 ชนิด ได้แก่ ดอกแคแสด ดอกแคแดง ดอกสุพรรณิการ์ และดอกคูณ โดยพบว่าดอกสุพรรณิการ์มีปริมาณสารแคโรทีนอยด์ ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์สูงที่สุด จึงเป็นแหล่งสารสำคัญที่มีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุเสริมอาหาร เพื่อช่วยเพิ่มความสดใสและความเด่นชัดของสีในสัตว์น้ำสวยงาม

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทองที่ได้รับอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) อย่างไรก็ตาม การเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงมีผลทำให้คุณภาพ

สีของปลาทองดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) จึงส่งผลให้ความสว่างของสีปลาทองเพิ่มขึ้น ทำให้ลักษณะสีสันโดยรวมมีความสดใสและสังเกตได้ชัดเจน โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงร้อยละ 5 ให้ค่าสีที่ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผู้เลี้ยงปลาทองสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในอาหารปลาทอง เพื่อเพิ่มคุณภาพสีให้ปลามีสีสัน ความสวยงาม และมีมูลค่าทางการตลาดสูงขึ้น โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตหรืออัตรารอดตายของปลา

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงในระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการทดลองที่หลากหลาย เพื่อประเมินผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทอง

2. ในการทดลองในอนาคต จำเป็นที่จะต้องตรวจวัดและรายงานคุณภาพน้ำอย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการของอาหารทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะปริมาณแคโรทีนอยด์ เพื่อยืนยันคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร

3. ควรศึกษาผลของการเสริมดอกสุพรรณิการ์ผงต่อคุณภาพอื่น ๆ ของปลาทอง เช่น สุขภาพโดยรวม การต้านอนุมูลอิสระ และความต้านทานโรค รวมถึงการทดลองในระดับฟาร์มหรือสถานการณ์จริง เพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้งานเชิงพาณิชย์อย่างปลอดภัย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาประมง และสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก สำหรับความอนุเคราะห์ในด้านสถานที่ในการทดลอง และเครื่องมือในการวัดค่าสีของการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. (2566). *กรมประมงเปิดกระแส 5 ลิสต์ปลาสวยงามไทยดังไกลทั่วโลก พร้อมดันมาตรฐานปลาไทย “สวยคุณภาพ” ออกผงาดตลาดต่างแดน*. กรม. https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/1210/198482

_____. (2568). *สถิติส่งออกสัตว์น้ำรายปี 2568*. กรม. http://file.fisheries.go.th/f/85a5967485/

สุกัญยา แตงโม, สิริพร ห้าวหาญ, ประภาศิริ ใจผ่อง, พัทธนันท์ โกธรรม, Tuan Nguyen Ngoc, ศรัณญา สอนมณี, และสุภาวดี แหยมคง. (2562). การวิเคราะห์หาสารสำคัญและสารสีจากดอกไม้กินได้บางชนิดเพื่อใช้ในอาหารสัตว์ปีก. *วารสารเกษตรนเรศวร, 16*(1), 57-64. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/aginujournal/article/view/247855

สุภาวดี แหยมคง, สุกัญญา แตงโม, สิริพร ห้าวหาญ, พันธนันท์ โกธรรม, ประภาศิริ ใจผ่อง, ต๋วน เหงียน ง๊อก, และศรัณญา สอนมณี. (2563). องค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ และฟีนอลิคทั้งหมดของดอกไม้บางชนิด. *แก่นเกษตร, 48*(พิเศษ 1), 1011-1018. https://agkb.lib.ku.ac.th/kku/search_detail/result/401835

สุภาวดี แหยมคง, สุกัญยา แตงโม, สิริพร ห้าวหาญ, พัทธนันท์ โกธรรม, ประภาศิริ ใจผ่อง, ทศพร อินเจริญ, และศิริวรรณ ม่วงทอง. (2564). ผลของการเสริมดอกแคแดง แคแสด และสุพรรณิการ์ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตคุณภาพไข่ และค่าโลหิตวิทยา. *แก่นเกษตร, 49*(พิเศษ 2), 940-950. https://agkb.lib.ku.ac.th/kku/search_detail/result/413246

Association of Official Analytical Chemist. (2000). *Official Method of Analytical* (17th ed.). AOAC international.

Bandyopadhyay, P., Swain, S. K., & Mishra, S. (2005). Growth and dietary utilisation in goldfish (*Carassius auratus Linn.*) fed diets formulated with various local agro- produces. *Bioresource Technology*, *96*(6), 731–740. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.018

Blanco, A. M., & Unniappan, S. (2022). Goldfish (*Carassius auratus*): biology, husbandry, and research applications. In L. D'Angelo, & P. de Girolamo (Eds.), *Laboratory Fish in Biomedical Research* (pp.373–408). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821099-4.00012-2

Chakraborty, S. B., & Hancz, C. (2011). Application of phytochemicals as immunostimulant, antipathogenic and antistress agents in finfish culture. *Reviews in Aquaculture*, *3*(3), 103–119. https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2011.01048.x

de Carvalho, C. C. R., & Caramujo, M. J. (2017). Carotenoids in aquatic ecosystems and aquaculture: A colorful business with implications for human health. *Frontiers in Marine Science, 4*, 93. https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00093

Elshafey, A. E., Khalafalla, M. M., Zaid, A. A. A., Mohamed, R. A., & Abdel-Rahim, M. M. (2023). Source diversity of Artemia enrichment boosts goldfish (*Carassius auratus*) performance, ß-carotene content, pigmentation, immune-physiological and transcriptomic responses. *Scientific Reports*, *13*, 21801. https://doi.org/10.1038/s41598-023-48621-4

Gomes, E., Dias, J., Silva, P., Valente, L., Empis, J., Gouveia, L., Bowen, J., & Young, A. (2002). Utilization of natural and synthetic sources of carotenoids in the skin pigmentation of gilthead seabraam (*Sparus aurata*). *Eur. Food. Res. Technol*, *214*, 287-293. https://doi.org/10.1007/s00217-001-0475-9

Gouveia, L., & Rema, P. (2005). Effect of microalgal biomass concentration and temperature on ornamental goldfish (*Carassius auratus*) skin pigmentation. *Aquaculture Nutrition*, *11*, 19–23. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2004.00319.x

Harikrishnan, R., Balasundaram, C., & Heo, M. -S. (2011). Impact of plant products on innate and adaptiveimmune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture*, *317*(1-4), 1-15. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.03.039

Khieokhajonkhet, A., Uanlam, P., Ruttarattanamongkol, K., Aeksiri, N., Tatsapong, P., & Kaneko, G. (2022). Replacement of fish meal by black soldier fly larvae meal in diet for goldfish *Carassius auratus*: growth performance, hematology, histology, total carotenoids, and coloration. *Aquaculture, 561*, 738618. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738618

Khieokhajonkhet, A., Suwannalers, P., Aeksiri, N., Ratanasut, K., Chitmanat, C., Inyawilert, W., Phromkunthong, W., & Kaneko, G., (2023). Effects of dietary red pepper extracts on growth, hematology, pigmentation, disease resistance, and growth- and immune-related gene expressions of goldfish (*Carassius auratus*). *Animal Feed Science and Technology*, *301*, 115658. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115658

Nishshanka, K. M., Radampola, K., & Bulugahapitiya, V. (2022). Effects of partial replacement of dietary fishmeal using plant-protein sources on the growth performance, coloration and liver histology of guppy fry (*Poecilia reticulata*) in outdoor farming conditions. *Journal of Applied Aquaculture*, *34*(3), 715–733. https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1886216

Novák, J., Kalous, L., & Patoka, J. (2020). Modern ornamental aquaculture in Europe: early history of freshwater fish imports. *Reviews in Aquaculture*, *12*(4), 2042–2060. https://doi.org/10.1111/raq.12421

Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., & Sasal, P. (2014). Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. *Aquaculture*, *433*, 50-61. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.048

Sivaram, V., Babu, M. M., Immanuel, G., Murugadass, S., Citarasu, T., & Marian, M. P. (2004). Growth and immune response of juvenile greasy groupers (*Epinephelus tauvina)* fed with herbal antibacterial active principle supplemented diets against *Vibrio harveyi* infections. *Aquaculture*, *237*(1-4), 9-20. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.03.014

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความส่งตีพิมพ์ วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ISSN 2985 - 2986 (Online)

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ (Academic Journal Uttaradit Rajabhat University) ISSN 2985-2986 (Online) เว็บไซต์ https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/uruj เป็นวารสารของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิชาการ บทความวิจัย และผลงานวิจัย ที่ให้ความสำคัญในด้านการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่ทุกระดับ โดยผลการวิจัยนั้นต้องสามารถแสดงให้เห็นถึงการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่ สามารถขยายผลความสำเร็จไปยังพื้นที่อื่น หรือให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ โดยดำเนินการเผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์ในระบบ Thai Journal Online System ซึ่งมีกำหนดการออกเผยแพร่ราย 6 เดือน ปีละ 2 ฉบับ เป็นประจำทุกปี ดังนี้

- ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน)
- ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม)

ทั้งนี้ บทความทุกฉบับจะได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 3 ท่าน ในลักษณะการประเมินแบบ Double – Blind Peer Review เพื่อให้ผู้เขียนสามารถเตรียมต้นฉบับได้อย่างถูกต้องและเป็นไปตามมาตรฐานและรูปแบบของวารสารฯ จึงขอชี้แจงรายละเอียดดังต่อไปนี้

รายการตรวจสอบการเตรียมบทความ

ในขั้นตอนการส่งบทความ ผู้เขียนจะต้องตรวจสอบการปฏิบัติตามรายการต่อไปนี้

1. ผลงานที่ส่งตีพิมพ์จะต้องไม่เคยเผยแพร่ในสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง
2. ผลงานที่ส่งตีพิมพ์ในลักษณะบทความวิจัยต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูลหรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ
3. ผู้เขียนต้องส่งแบบฟอร์ม “ขอส่งบทความวิชาการ/วิจัย เพื่อรับพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
4. ผู้เขียนต้องเขียนบทความให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน “คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความฯ”
5. ผู้เขียนที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคนต้องเป็นผู้มีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยจริง
6. การเพิ่ม-ถอน จำนวนของผู้แต่งร่วม (ถ้ามี) จะไม่สามารถดำเนินการได้ หลังจากส่งบทความเข้าในระบบของวารสารเป็นที่เรียบร้อยแล้ว
7. ผู้เขียนต้องระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนในการทำวิจัย (ถ้ามี)
8. ผู้เขียนต้องระบุผลประโยชน์ทับซ้อน (ถ้ามี)
9. สามารถส่งต้นฉบับบทความวิชาการ (Academic Article) และบทความวิจัย (Research Article) ได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
10. ต้นฉบับต้องผ่านการกลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิและได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ
11. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสาร

นโยบายการดำเนินงานของวารสาร

1. กองบรรณาธิการจะตรวจสอบหัวข้อและเนื้อหาของบทความถึงความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวารสารฯ รวมถึงประโยชน์ในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

2. บทความที่ส่งเข้าระบบเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จะผ่านการตรวจสอบการคัดลอกผลงานวิชาการ โดยใช้ระบบอักขราวิสุทธิ์ หรือระบบ CopyCatch หรือระบบ Turnitin อย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งนี้ผลงานวิชาการที่มีเนื้อหาคล้ายกันสามารถยอมรับได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25 ของผลงานทั้งหมด

3. กรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นควรรับบทความไว้เพื่อพิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะดำเนินการส่งบทความเข้าสู่กระบวนการกลั่นกรอง โดยจัดส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องทำการประเมินคุณภาพของบทความ ว่ามีความเหมาะสมต่อการตีพิมพ์หรือไม่ ทั้งนี้ กระบวนการกลั่นกรองดังกล่าวเป็นการประเมินแบบปกปิดสองฝ่าย (Double-Blind Peer Review System) กล่าวคือ จะไม่เปิดเผยชื่อผู้ส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิทราบ และจะไม่เปิดเผยชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้ส่งบทความทราบ รวมทั้งกองบรรณาธิการจะไม่เปิดเผยชื่อผู้ส่งบทความและผู้ทรงคุณวุฒิให้บุคคลอื่นทราบด้วย

4. ทั้งนี้เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณากลั่นกรองบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะพิจารณาตัดสินโดยอิงตามคำตัดสินและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิว่าบทความนั้น ๆ ควรได้รับการตีพิมพ์ หรือควรส่งกลับให้ผู้ส่งบทความเพื่อทำการแก้ไขก่อนพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง หรือปฏิเสธการตีพิมพ์

5. ผู้เขียนบทความต้องยินยอมปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กองบรรณาธิการวารสารกำหนด และยินยอมให้บรรณาธิการแก้ไขความสมบูรณ์ของบทความได้ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนเผยแพร่

6. การอนุมัติให้ลงตีพิมพ์ได้หรือไม่นั้น ผลการพิจารณาจากกองบรรณาธิการวารสารถือเป็นสิ้นสุด

นโยบายจริยธรรมวิจัยในมนุษย์และสัตว์ (Human and Animal Research Ethics Policy)

บทความจากงานวิจัยที่ส่งเข้ามารับการตีพิมพ์และเกี่ยวข้องกับการทำวิจัยในมนุษย์และสัตว์ ต้องได้รับการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือในสัตว์ ของสถาบันที่ดำเนินการหรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

นโยบายจริยธรรมการใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Models: LLMs)

การใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ เช่น ChatGPT อนุญาตให้ใช้เฉพาะเพื่อสนับสนุนการปรับปรุงถ้อยคำและการตรวจสอบความถูกต้องทางไวยากรณ์ในระหว่างกระบวนการจัดเตรียมต้นฉบับเท่านั้น โดยไม่มีการใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ใดในการสร้างเนื้อหาต้นฉบับ วิเคราะห์ข้อมูล หรือสรุปผลการศึกษา ทั้งนี้ ผู้เขียนต้องรับผิดชอบต่อความถูกต้อง ความครบถ้วน และความเป็นต้นฉบับของเนื้อหาทั้งหมดในบทความอย่างสมบูรณ์

หลักเกณฑ์การส่งบทความ และเอกสารประกอบการพิจารณาตีพิมพ์

การส่งบทความวิจัยหรือบทความวิชาการ พร้อมเอกสารประกอบต่าง ๆ เพื่อให้กองบรรณาธิการวารสารใช้ประกอบการพิจารณาบทความและประเมินคุณภาพทางวิชาการ มีรายละเอียดดังนี้

1. **บทความวิจัย หรือ บทความวิชาการ** จัดทำในรูปแบบไฟล์เอกสาร Microsoft Word ตามรูปแบบที่วารสารกำหนด จำนวน 1 ชุด

2. **หนังสือขอส่งบทความเพื่อรับพิจารณาตีพิมพ์** หนังสือขอส่งบทความวิชาการ/วิจัย เพื่อรับพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จำนวน 1 ชุด

3. **หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัย** สำเนาหนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และสัตว์ จำนวน 1 ชุด

การเตรียมต้นฉบับบทความ

แนะนำให้ผู้เขียนบทความ ดาวน์โหลด “Template บทความวิจัย” หรือ Template บทความวิชาการ” ที่ดาวน์โหลดด้านขวามือของเว็บไซต์วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และมีรายละเอียดเบื้องต้นดังนี้

1. การจัดเค้าโครงหน้ากระดาษ

ความยาวของบทความไม่เกิน 12 หน้ากระดาษ ขนาด A4 (นับรวมภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิง) การตั้งระยะขอบของหน้ากระดาษในแต่ละหน้ากำหนดจากขอบบน 3.81 เซนติเมตร ขอบล่าง 2.54 เซนติเมตร ขอบซ้าย 3.81 เซนติเมตร และขอบขวา 2.54 เซนติเมตร

2. รูปแบบตัวอักษร และขนาดตัวอักษร

ใช้จัดพิมพ์ด้วยแบบอักษรไทยสารบรรณ พีเอสเค (TH SarabunPSK) เหมือนกันตลอดทั้งบทความ

2.1 ชื่อเรื่องบทความ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 pt. (ตัวหนา) จัดกึ่งกลาง

2.2 ชื่อผู้เขียน ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวอักษรปกติ) จัดชิดขวา

2.3 ชื่อสังกัดหน่วยงานหรือมหาวิทยาลัย ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และ Corresponding Author e-mail: ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวอักษรปกติ) จัดชิดขวา

2.4 หัวข้อหลักบทความวิจัย (จัดชิดขอบซ้าย, ตัวหนา, ขนาดตัวอักษร 14 Point, ไม่ใส่ลำดับที่) ดังนี้

(บทความภาษาไทย)	**(บทความภาษาอังกฤษ)**
บทนำ	**Introduction**
วัตถุประสงค์การวิจัย	**Research Objectives**
วิธีดำเนินการวิจัย	**Research Methods**
ผลการวิจัย	**Research Results**
อภิปรายผลการวิจัย	**Discussion**
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	**Conclusion and Suggestions**
กิตติกรรมประกาศ	**Acknowledgements**
เอกสารอ้างอิง	**References**

2.5 หัวข้อหลักบทความวิชาการ (จัดชิดขอบซ้าย, ตัวหนา, ขนาดตัวอักษร 14 Point, ไม่ใส่ลำดับที่) กำหนดเรียงลำดับหัวข้อหลัก ดังนี้

(บทความภาษาไทย)	**(บทความภาษาอังกฤษ)**
บทนำ	**Introduction**
เนื้อเรื่อง (สามารถเริ่มเนื้อเรื่อง โดยไม่ต้องใส่หัวข้อ)	**Body**
บทสรุป	**Conclusions**
เอกสารอ้างอิง	**References**

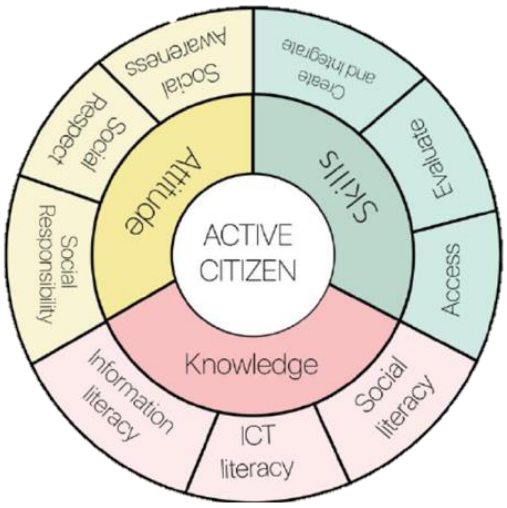
3. การใช้เครื่องหมาย

จุลภาค (,) ทวิภาค (:) และอัฒภาค (;) ให้พิมพ์ต่อเนื่องกับอักษรตัวหน้า และเว้น 1 วรรคตัวอักษรก่อนข้อความต่อไป เช่น Community engagement in higher education: Policy reforms and practice (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2562; ศรเนตร อารีโสภณพิเชฐ, 2564)

4. ภาพ

หมายเลขภาพ ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวหนา) ให้ระบุไว้ใต้ภาพ จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษใต้ภาพ ภาพต้องมีความละเอียดขั้นต่ำ 600 dpi ควรเป็นภาพที่มีนามสกุลไฟล์ .jpg หรือ .png พร้อมระบุหมายเลขกำกับรูปภาพ ชื่อภาพ และอ้างอิงภาพโดยไม่เป็นการละเมิดลิขสิทธิ์เจ้าของผลงาน ซึ่งผู้เขียนต้องตรวจสอบสิทธิ์ของภาพก่อนระบุในบทความให้เรียบร้อย

ตัวอย่าง



ภาพ 1 คุณลักษณะของพลเมืองวิวัฒน์
ที่มา: (Rangsisuttaporn et al., 2020)

5. ตาราง

หมายเลขตาราง ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวหนา) หัวข้อตารางให้ระบุที่มุมซ้ายด้านบนของเส้นตาราง ตามลำดับเลขที่ปรากฏในต้นฉบับ พร้อมชื่อของตาราง ตารางที่สร้างขึ้นมาไม่ต้องมีเส้นสดมภ์ มีแต่เส้นแนวนอน และตารางที่นำเสนอจะต้องเป็นตารางที่มีสัดส่วนพอเหมาะกับบทความ

ข้อมูลที่นำเสนอในตารางควรมีความสอดคล้องกับข้อมูลในส่วนของเนื้อความ และเมื่อแทรกตารางแล้วต้องมีการแสดงรายละเอียดเนื้อหาของตารางเสมอ สามารถใช้คำย่อในตารางได้ แต่ควรอธิบายคำย่อที่ไม่ใช่คำมาตรฐานในเชิงอรรถ

ตัวอย่าง

ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณลักษณะความเป็นพลเมืองวิวัฒน์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏ ก่อนทดลองและหลังทดลอง

คุณลักษณะความเป็นพลเมืองวิวัฒน์	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	$\bar{X}$ (S.D.)	แปลความ	$\bar{X}$ (S.D.)	แปลความ
มิติความรู้	4.23 (0.57)	มาก	4.63 (0.30)	มากที่สุด
มิติทักษะ	4.14 (0.57)	มาก	4.68 (0.33)	มากที่สุด
มิติทัศนคติ	4.26 (0.58)	มาก	4.67 (0.33)	มากที่สุด

6. สมการ

การเขียนสมการต้องอยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ และจะต้องมีหมายเลขกำกับอยู่ภายในวงเล็บ ตำแหน่งของหมายเลขสมการจะต้องอยู่ชิดขอบด้านขวาของหน้ากระดาษ เมื่อจะกล่าวอ้างอิงถึงสมการที่ (1) ให้ใส่วงเล็บด้วยเสมอ

$$f = \mu N \tag{1}$$

7. เอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ

การเขียนรายการอ้างอิงภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ มีวิธีการเขียนที่คล้ายคลึงกับการเขียนรายการอ้างอิงตามรูปแบบของภาษาอังกฤษในแต่ละประเภทของสารสนเทศ มีรายละเอียดดังนี้

7.1 ชื่อผู้เขียน ขึ้นต้นด้วยนามสกุลของผู้เขียนและต่อด้วยชื่อย่อ

7.2 ชื่อสำนักงานหรือกระทรวง เขียนเป็นชื่อภาษาอังกฤษ

7.3 ปีที่พิมพ์ เปลี่ยนจาก พ.ศ. เป็น ค.ศ.

7.4 ชื่อเรื่อง ชื่อวิทยานิพนธ์ ชื่อบทความ ชื่อวารสาร และชื่องานประชุมวิชาการ แปลเป็นภาษาอังกฤษ

7.5 รายการเอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ ต้องเติมคำว่า “(In Thai)” ต่อท้ายทุกรายการของเอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ

ส่วนประกอบของบทความ

1. ชื่อเรื่องบทความ

ชื่อเรื่องบทความ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกะทัดรัดไม่ยาวจนเกินไป มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2. ชื่อผู้เขียนและหน่วยงานต้นสังกัด

2.1 ชื่อผู้เขียนและหน่วยงานต้นสังกัด (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) ระบุเฉพาะชื่อ และสกุล โดยใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) เฉพาะผู้รับผิดชอบบทความ

2.2 สถานที่ทำงาน (Affiliation) ระบุหน่วยงาน จังหวัด

2.3 ผู้แต่งอีเมล (E-mail Address) ระบุเฉพาะผู้รับผิดชอบบทความและควรเป็นอีเมลของหน่วยงาน

3. บทคัดย่อ (Abstract)

3.1 ความยาวคำ ไม่เกิน 400 คำ และคำสำคัญ (Keywords) 3-5 คำ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)

3.2 เนื้อความของบทคัดย่อภาษาไทยและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) สรุปสาระสำคัญของงานวิจัยที่อ่านเข้าใจง่าย ตามลำดับดังนี้ ระบุวัตถุประสงค์การวิจัย ระบุระเบียบวิธีการวิจัย (โดยย่อ) แต่ต้องครอบคลุมเนื้อหา (ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือการวิจัย วิธีการรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล) ระบุผลการวิจัย ระบุการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือผลกระทบ (Impact) ของผลการวิจัย

4. ส่วนเนื้อหา

4.1 บทความวิจัย ควรเป็นการนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้า ข้อค้นพบ องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการมาอย่างเป็นระบบตามขั้นตอนของการวิจัย โดยควรมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (สามารถมีหัวข้อหรือองค์ประกอบที่แตกต่างได้)

4.1.1 บทนำ (Introduction) ครอบคลุมความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

4.1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย (Research Objectives) ข้อความที่แสดงให้เห็นถึงสิ่งที่นักวิจัยต้องการศึกษา ที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง และรายงานผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้

4.1.3 วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology) ให้ระบุรูปแบบวิจัย (Research design) อธิบายเครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัยให้กระชับและชัดเจนให้บอกรายละเอียดสิ่งที่นำมาศึกษา สูตรและการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา (เกณฑ์การคัดเข้า คัดออก) การสุ่มตัวอย่าง ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา คุณภาพของเครื่องมือ วิธีหรือมาตรที่ใช้ในการวัด วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.4 ผลการวิจัย (Results) บรรยายสรุปผลการวิจัยอย่างกระชับโดยให้สอดคล้องกับลำดับวัตถุประสงค์การวิจัย หากการวิจัยเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่ต้องนำเสนอด้วยตาราง หรือแผนภูมิ ควรมีคำอธิบายประกอบ การเรียงลำดับภาพ ตาราง หรือแผนภูมิ ควรเรียงลำดับตามเนื้อหาของงานวิจัย และต้องมีการแปลความหมายของผลที่ค้นพบหรือวิเคราะห์

4.1.5 อภิปรายผลการวิจัย (Discussion) เขียนให้สอดคล้องกับลำดับของการนำเสนอสรุปผลการวิจัย เป็นการวิพากษ์ วิจารณ์ผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน มีการอ้างอิงข้อเท็จจริง ทฤษฎี และผลการวิจัยอื่น อธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผลถึงแนวความคิดของผู้วิจัยต่อผลการวิจัยที่ได้

4.1.6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestions)

- สรุปผลการวิจัย ควรสรุปสาระสำคัญที่ไม่คลุมเครือ และสรุปผลว่าตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือไม่ อย่างไร
- ข้อเสนอแนะ แสดงความเห็นเพิ่มเติมเพื่อการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ และการพัฒนางานต่อไปในอนาคต หรือเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

4.1.7 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) เป็นการแสดงคำขอบคุณสำหรับแหล่งทุนสนับสนุน หรือผู้ช่วยเหลืองานวิจัย

4.1.8 เอกสารอ้างอิง (References) แสดงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลที่ถูกนำมาอ้างอิงขึ้นมาใช้ในการวิจัย เพื่อเป็นการแสดงเจตนาว่าไม่นำผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง การเขียนอ้างอิงให้เป็นไปตามรูปแบบวารสารกำหนด The American Psychological Association (APA, 7th Edition) เอกสารอ้างอิงท้ายบทความ (References) ทุกรายการต้องมีการอ้างอิงหรือกล่าวถึงอยู่ในเนื้อหาของบทความ (In-Text Citation) ผู้เขียน

บทความต้องตรวจสอบข้อมูลของเอกสารที่นำมาอ้างอิงนั้น จะต้องปรากฏอยู่ทั้ง 2 แห่ง และมีความถูกต้องตรงกันทั้งการสะกดชื่อผู้แต่งและเลขปีพิมพ์

4.2 บทความวิชาการ ควรมีการกำหนดประเด็นที่ต้องการอธิบายหรือวิเคราะห์อย่างชัดเจน โดยมีการวิเคราะห์ประเด็นที่ต้องการนำเสนอตามหลักวิชาการ โดยมีการสำรวจวรรณกรรมเพื่อสนับสนุนจนสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ประเด็นนั้นได้ อาจเป็นการนำความรู้จากแหล่งต่าง ๆ มาประมวลร้อยเรียงเพื่อวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ โดยที่ผู้เขียนบทความแสดงทัศนะทางวิชาการของตนไว้อย่างชัดเจน มีลำดับเนื้อหาและบทสรุปที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ชัดเจน ประกอบด้วย

4.2.1 บทนำ (Introduction) หลักการและเหตุผล (Rationale) ความเป็นมาหรือภูมิหลัง (Background) ความสำคัญของเรื่องที่เขียน (Justification) วัตถุประสงค์ของการเขียนในการที่จะสื่อไปยังผู้อ่าน คำจำกัดความ หรือนิยามต่าง ๆ ที่ผู้เขียนเห็นว่ามีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน

4.2.2 เนื้อเรื่อง (Body) การจัดลำดับเนื้อหาสาระ การเรียบเรียงเนื้อหา การวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ การใช้ภาษา วิธีการนำเสนอ

4.2.3 บทสรุป (Conclusions) บทความทางวิชาการที่ดีควรมีการสรุปประเด็นสำคัญ ๆ ของบทความ ซึ่งอาจกระทำในลักษณะการย่อโดยการเลือกประเด็นสำคัญ ๆ ขอบทความมานำเสนออย่างกระชับท้ายบทความ

การเขียนเอกสารอ้างอิง

การอ้างอิงเอกสาร ควรอ้างอิงจากผลงานวิชาการต่าง ๆ ที่มาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ สามารถตรวจสอบได้ สำหรับวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ใช้รูปแบบการเขียนอ้างอิง The American Psychological Association (APA, 7th Edition) ประกอบด้วยการอ้างอิงในเนื้อหา (In-text Citation) และการอ้างอิงท้ายบทความ (References) โดยมีรูปแบบดังนี้

1. การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text Citation)

การอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหาระบุชื่อผู้แต่ง ปีพิมพ์ สำหรับรูปแบบการอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหาสามารถกระทำได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1.1 กรณีอ้างอิงท้ายข้อความ (ผู้แต่ง, ปีพิมพ์)

(สุนีย์ มัลลิกะมาลย์, 2549)

(McCartney & Philips, 2006)

(Murphy, 2021)

(Martin et al., 2020) ***กรณีที่มีผู้แต่ง 3 คน หรือมากกว่า***

ตัวอย่างประโยค

จากการเปลี่ยนแปลงของบริบทโลกและสภาพของปัจจุบันนี้นั้น ทำให้สภาพแวดล้อมของการพัฒนาประเทศไทยในปัจจุบัน และในอนาคต 20 ปีภายหน้าเปลี่ยนไป ในส่วนบริบทของประเทศไทยได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์ 20 ปี (พ.ศ.2560-2579) โดยมีเป้าหมายที่จะพัฒนาคนไทยในอนาคตให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นพลเมืองที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เป็นพลเมืองที่ตื่นรู้ มีจิตสาธารณะ และทำประโยชน์ต่อส่วนรวม (ปรเมธี วิมลศิริ, 2559)

1.2 กรณีมีการระบุชื่อผู้แต่งในเนื้อหา ผู้แต่ง (ปีพิมพ์)

ลดาพร บุญฤทธิ์ (2559) ได้ศึกษาถึง.....

Boonsarngsuk (2020) studied.....

ตัวอย่าง

Bell (2016) กล่าวถึงการจัดศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในมุมมองของการพัฒนาพลเมืองที่มีความรับผิดชอบอย่างยั่งยืนนั้น ต้องมีทักษะสำหรับการใช้ชีวิตในยุคปัจจุบัน (Skills for living in the world) ได้แก่.....

1.3 การอ้างอิงรายการเดียวกัน แต่ที่มีผู้แต่งแตกต่างกัน

ให้เรียงตามอักษรของผู้แต่งคั่นด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) กรณีที่งานทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศถูกอ้างพร้อมกัน ให้เริ่มที่งานเขียนภาษาไทยก่อน

Several studies (Kozak & Elliott, 2014; Miller, 1999)

(ภุชพงศ์ โนดไธสง, 2560; อำนวย วีรวรรณ, 2540)

(อนุชาติ บุนนาค, 2549; Digital citizenship for college students, 2016)

1.4 กรณีการอ้างอิงเอกสารที่ไม่ใช่เอกสารต้นฉบับ

ให้ระบุชื่อเอกสารต้นฉบับและ คำว่า “อ้างอิงใน” สำหรับภาษาไทย หรือ “as cited in” สำหรับภาษาอังกฤษตามด้วยชื่อผู้แต่งเอกสารทุติยภูมิ และปีพิมพ์ สำหรับการลงรายการอ้างอิงท้ายเล่ม ลงชื่อผู้แต่งเอกสารทุติยภูมิเท่านั้น

(นิพัทธ์ เลิศณรงค์, 2531, อ้างถึงใน พักตร์วิภา โพธิ์ศรี, 2551)

(Miller, 1988, as cited in Kozak & Elliott, 2014)

Bridget’s diary (as cited in Rahname, 2017)

1.5 การอ้างอิงการสัมภาษณ์

ซึ่งอาจเป็นบันทึก บทสนทนาทางโทรศัพท์ หรือเอกสารอื่น ๆ รวมทั้งการสัมภาษณ์ที่ไม่ได้อ้างอิงมาจากแหล่งอื่น (สัมภาษณ์เอง) ไม่ต้องระบุในเอกสารอ้างอิงท้ายเล่ม แต่ให้ระบุในเสื้อหาโดย ระบุชื่อสกุลของ *เจ้าของเอกสาร หรือ ผู้ถูกสัมภาษณ์* และวันที่ให้สัมภาษณ์ให้ถูกต้อง เช่น

เจษฎา มิ่งฉาย (สัมภาษณ์, 18 เมษายน 2563) ให้ความเห็นว่า.....

(Karft, personal communication, September 28, 2024)

1.6 การอ้างอิงที่ผู้แต่งเป็นหน่วยงาน

ผู้แต่งที่เป็นหน่วยงาน ให้ลงชื่อหน่วยงาน และในกรณีที่มีหน่วยงานรองให้ลงชื่อโดยเรียงลำดับจากหน่วยงานใหญ่ตามด้วยหน่วยงานรอง ในการอ้างอิงเนื้อหาหลังข้อความ ส่วนการอ้างอิงในเนื้อหาหน้าข้อความให้ลงชื่อโดยเรียงลำดับจากหน่วยงานรองตามด้วยหน่วยงานใหญ่ เช่น

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ (2567) ได้สรุปผลงานการใช้ประโยชน์ว่า....

(มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา, 2567)

2. การอ้างอิงท้ายบทความ (References)

ข้อกำหนดในการเขียนเอกสารอ้างอิง

2.1 ชื่อผู้แต่ง

2.1.1 ผู้แต่งคนไทย ไม่ต้องระบุคำนำหน้านาม ตำแหน่งทางวิชาการ คำเรียกทางวิชาชีพ และตำแหน่งยศต่าง ๆ

ศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สินลารัตน์	ลงรายการเป็น	ไพฑูรย์ สินลารัตน์.
ร้อยตำรวจเอก วินัย ซื่อสัตย์	ลงรายการเป็น	วินัย ซื่อสัตย์.
แพทย์หญิงลดาพร บุญฤทธิ์	ลงรายการเป็น	ลดาพร บุญฤทธิ์.

2.1.2 ผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ลงนามสกุลตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) และต่อด้วยอักษรย่อของชื่อต้น และชื่อรอง

A. W. Chickering	ลงรายการเป็น	Chickering, A. W.
Prairie Leigh Burgess	ลงรายการเป็น	Burgess, Prairie Leigh.
Cecilia I. Delve	ลงรายการเป็น	Delve, Cecilia I.

2.1.3 ผู้แต่งชาวไทยที่เขียนหนังสือเป็นภาษาอังกฤษ จะลงรายการผู้แต่งโดยใช้นามสกุล ขึ้นต้นเหมือนผู้แต่งชาวต่างประเทศ

Chanokphat Phadungath	ลงรายการเป็น	Phadungath, C.
Nawapol Rungsakun	ลงรายการเป็น	Rungsakun, N.

2.1.4 ผู้แต่งมีฐานันดรศักดิ์และบรรดาศักดิ์ ให้กลับฐานันดรศักดิ์ หรือบรรดาศักดิ์ ไว้หลังชื่อ โดยมีเครื่องหมายจุลภาคคั่น

กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาเจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร	ลงรายการเป็น	เทพรัตนราชสุดาเจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร, กรมสมเด็จพระ
หม่อมราชวงศ์เสนีย์ ปราโมช	ลงรายการเป็น	เสนีย์ ปราโมช, ม.ร.ว.
คุณหญิงพรทิพย์ โรจนสุนันท์	ลงรายการเป็น	พรทิพย์ โรจนสุนันท์, คุณหญิง

2.1.5 ผู้แต่งมีสมณศักดิ์ ให้ลงชื่อสมณศักดิ์ และถ้าทราบชื่อเดิมให้ใส่ไว้ในวงเล็บต่อจากชื่อสมณศักดิ์

พระธรรมวิสุทธิมงคล (หลวงตาพระมหาบัว ญาณสัมปันโน).
พระราชรัตนรังสี (วีรยุทธ์ วีรยุทโธ).

2.1.6 ผู้แต่งคนเดียวกัน แต่งหนังสือหลายชื่อเรื่องและพิมพ์ในปีเดียวกัน ถ้าเป็นภาษาไทย ให้ใส่อักษร ก, ข, ค, ง ไว้ท้ายปีที่พิมพ์ตามลำดับส่วนภาษาอังกฤษ ให้ใส่อักษร a, b, c, d ไว้ท้ายปีที่พิมพ์

(ทิศนา แขมมณี, 2557ก)	ทิศนา แขมมณี. (2557ก).
(ทิศนา แขมมณี, 2557ข).	ทิศนา แขมมณี. (2557ข).
(Oxford University, 2019a)	Oxford University. (2019a)
(Oxford University, 2019b)	Oxford University. (2019b)

2.1.7 ผู้แต่งที่เป็นหน่วยงาน ให้ลงรายการโดยเรียงลำดับจากหน่วยงานใหญ่ไปหาหน่วยงานรอง โดยเว้นวรรคจากชื่อหน่วยงานใหญ่ไปหาหน่วยงานรอง เว้น 1 เคาะ (ถ้าเป็นภาษาอังกฤษใส่เครื่องหมายจุลภาค (.)) ระหว่างหน่วยงานใหญ่และหน่วยงานรอง

กรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทย	ลงรายการเป็น	กรมแรงงาน.
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์	ลงรายการเป็น	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. สถาบันวิจัยและพัฒนา.
Department of Employment, Ministry of Labour	ลงรายการเป็น	Ministry of Labour. Department of Employment.

2.1.8 จำนวน และประเภทผู้แต่ง

รูปแบบ	การอ้างอิงในเนื้อหา	การอ้างอิงท้ายบทความ
ผู้แต่ง 1 คน	(ธงชัย มาลา, 2546)	ธงชัย มาลา. (2546). *ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
	(Biech, 2015)	Biech, Elaine. (2015). *101 Ways to make learning active beyond the classroom.* John Wiley & Sons.
ผู้แต่ง 2 คน	(สมสิทธิ์ อัสดรนิธี และกาญจนา ภูครองนาค, 2555)	สมสิทธิ์ อัสดรนิธี และกาญจนา ภูครองนาค. (2555). *การศึกษาวิเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลงตามแนวจิตตปัญญาศึกษาเพื่อการบ่มเพาะความซื่อตรง.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.
	(Chickering & Reisser, 1993) Chickering and Reisser (1993)	Chickering, A. W., & Reisser, L. (1993). *Educational and identity* (2nd ed.). Jossey-Bass.
ผู้แต่ง 1-20 คน ระบุชื่อทุกคน ***ใช้เครื่องหมายจุลภาคคั่น และคำว่า และ ก่อนคนสุดท้าย	(ภาสกร เนตรทิพย์วัลย์ และคนอื่น ๆ, 2563)	ภาสกร เนตรทิพย์วัลย์, พรพรรณ ภูสาหัส, สมสุข ภาณุรัตน์, สุขฤดี ธัชศฤงคารสกุล, พัชรี กระจ่างโพธิ์, และวิถี ธุระธรรม. (2563). *การประเมินภาวะสุขภาพสำหรับพยาบาล: การตรวจร่างกาย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). พิมพ์ดีการพิมพ์.
	Jacob et al. (2015) *หรือ* (Jacob et al., 2015)	Jacob, W. James, Sutin, Stewart E., Weidman, John C., & Yeager, John L. (2015). *Community engagement in higher education.* Sense.
ผู้แต่ง 21 คนขึ้นไป ระบุชื่อ 19 คนแรก และใช้ . . . ตามด้วยชื่อคนสุดท้าย โดยหน้าและหลังแต่ละจุดต้องเว้นวรรค 1 ระยะ	ขนิษฐา นันทบุตร และคนอื่น ๆ (2563) *หรือ* (ขนิษฐา นันทบุตร และคนอื่น ๆ, 2563)	ขนิษฐา นันทบุตร, พีรพงษ์ บุญสวัสดิ์กุลชัย, จงกลณี จันทรศิริ, นิลภา จิระรัตนวรรณะ, สุคนธ์ วรรธนะอมร, แสงเดือน แท่งทองคำ, กชพร สิงหะหล้า, กติกา นวพันธุ์, กนกพร จิรัฐติกาลวงศ์, กนกพร จิวประสาท, กนกพร แจ่มสมบูรณ์, กนกพร อัศวเมธิกาพงศ์, กมลวรรณ จุติวรกุล, กมลวรรณ ตังธนกานนท์, กรรณิกา ชำธรรม, กรรณิการ์ มุรทาธร, กรองทอง วงศ์ศรีตรัง, กรีวุธ อัศวคุปตานนท์, กฤติน กุลเพ็ง, . . . พัฒนา นาคทอง. (2563). *ชุดความรู้การพัฒนากลไกและการพัฒนาระบบ สุขภาพชุมชนโดยชุมชนเพื่อชุมชน*. ดีดี.
	(Miller, 2018) *หรือ* Miller (2018)	Miller, T. C., Brown, M. J., Wilson, G. L., Evans, B. B., Kelly, R. S., Turner, S. T., Lewis, F., Lee, L. H., Cox, G., Harris, H. L., Martin, P., Gonzalez, W. L., Hughes, W., Carter, D., Campbell, C., Baker, A. B., Flores, T., Gray, W. E., Green, G., . . . Nelson, T. P. (2018).
ผู้แต่งที่เป็นสถาบัน	สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (2562)	สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2562). *การรู้ดิจิทัล*. สำนักงานฯ.
ผู้รับผิดชอบเป็นบรรณาธิการ	(วิชัย วงษ์ใหญ่ (บ.ก.)., 2553)	วิชัย วงษ์ใหญ่ (บ.ก.). (2553). *กระบวนทัศน์ใหม่ในการพัฒนาหลักสูตร.* โอเดียนสโตร์.
	(McKinney et al. (Eds.), 2018)	McKinney, E. S., Nelson, K. A., & Ashwill, J. W. (Eds.). (2018). *Maternal-child nursing*. (5th ed.). Elsevier.

2.2 ปีพิมพ์

2.2.1 ระบุปีพิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บ ตามหลังชื่อผู้แต่ง และปิดด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.)

สุภาภรณ์ เกียรติสิน. (2562).
Sherman, Chad D. (2011).

2.2.2 หนังสือที่อยู่ในระหว่างพิมพ์ให้ลงคำว่า กำลังจัดพิมพ์ หรือ in press ในเครื่องหมายวงเล็บแทนปีพิมพ์

(กำลังจัดพิมพ์).	(in press).

2.2.3 หนังสือที่ไม่ปรากฏปีพิมพ์ ใส่อักษรย่อในเครื่องหมายวงเล็บแทนปีพิมพ์

(ม.ป.ป.).	แทนคำเต็มจาก	ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์
(n.d.).	แทนคำเต็มจาก	no date

2.3 ครั้งที่พิมพ์

2.3.1 หนังสือที่พิมพ์ครั้งที่ 1 หรือพิมพ์ครั้งแรก ไม่ต้องระบุในรายการอ้างอิง

2.3.2 หนังสือที่พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไปใส่ครั้งที่พิมพ์ต่อจากชื่อเรื่อง โดยระบุครั้งที่พิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บและตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค

(พิมพ์ครั้งที่ 2).	(2nd ed.).
(พิมพ์ครั้งที่ 4).	(4th ed.).

2.4 สำนักพิมพ์

2.4.1 ระบุชื่อสำนักพิมพ์ที่ปรากฏบนผลงาน พิจารณาให้สอดคล้องกับปีพิมพ์และครั้งที่พิมพ์ โดยไม่ใช้ชื่อย่อ ให้ตัดคำว่า สำนักพิมพ์ ห้างหุ้นส่วน จำกัด บริษัท หรือ คำว่า Publishers, Co., และ Inc. ซึ่งไม่เป็นต้องระบุ แต่ให้คงคำว่า Books คำว่า Press ในชื่อของสำนักพิมพ์ไว้

สำนักพิมพ์สารคดี	ลงรายการเป็น	สารคดี.
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ลงรายการเป็น	สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)	ลงรายการเป็น	ซีเอ็ดยูเคชั่น.
John Wiley & Sons., Inc.	ลงรายการเป็น	John Wiley & Sons.
Oxford University Press	ลงรายการเป็น	Oxford University Press.
SAGE Publishing	ลงรายการเป็น	SAGE.

2.4.2 กรณีไม่ปรากฏชื่อสำนักพิมพ์ ให้ใส่โรงพิมพ์แทนโดยให้คงคำว่าโรงพิมพ์ไว้

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
Cambridge University Press.

2.4.3 หากไม่ปรากฏทั้งชื่อสำนักพิมพ์ และโรงพิมพ์ ให้ใช้อักษรย่อดังนี้

ม.ป.พ.	แทนคำเต็มจาก	ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์
n.p.	แทนคำเต็มจาก	no publisher

3. การอ้างอิงทรัพยากรสารสนเทศประเภทต่าง ๆ

3.1 หนังสือ

ผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่อง* (พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป). สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ปริญญา เทวานฤมิตรกุล. (2559). *การศึกษาเพื่อสร้างพลเมือง* [Civic education] (พิมพ์ครั้งที่ 2). สถาบันสัญญาธรรมศักดิ์เพื่อประชาธิปไตย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พระธรรมวิสุทธิมงคล (หลวงตาพระมหาบัว ญาณสัมปันโน). (2554). *นิพพานคือนิพพาน*. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

วิมลทิพย์ มุสิกพันธ์ และศิวพร ปกป้อง. (2553). *ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและพฤติกรรมการกระทำความรุนแรงทั้งทางกายภาพและการข่มแหงรังแกผ่านโลกไซเบอร์ของเยาวชนไทย*. ปัญญาสมาพันธ์เพื่อการวิจัยความเห็นสาธารณะแห่งประเทศไทย.

สุภาภรณ์ เกียรติสิน. (2562). *การเข้าใจดิจิทัลกับพลเมืองไทย (Digital literacy in 21st)*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.

Douglass, Paul, & McMahon, Alice. (1960). *How to be an active citizen*. University of Florida Press.

Munck, Ronaldo, Mcllrath, Lorraine, Hall, Budd, & Tandon, Rajesh (Eds.) (2014). *Higher education and community-based research: Creating a global vision*. Palgrave macmillan.

3.2 หนังสือแปล

ผู้แต่งต้นฉบับ. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่องที่แปล* [ชื่อต้นฉบับ] (ชื่อผู้แปล, ผู้แปล) (พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป). สำนักพิมพ์. (ต้นฉบับพิมพ์ ปี ค.ศ. หรือ พ.ศ.).

ตัวอย่าง

เกรย์, เจ. (2552). *ผู้ชายมาจากดาวอังคารผู้หญิงมาจากดาวศุกร์* [Men are from mars, women are from venus] (สงกรานต์ จิตจุทธิภากร, ผู้แปลและเรียบเรียง) (พิมพ์ครั้งที่ 26). ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บริกแฮม, อี. เอฟ., และฮุสตัน, เจ. เอฟ. (2544). *การจัดการการเงิน* [Fundamentals of financial management] (เริงรัก จำปาเงิน, ผู้แปลและเรียบเรียง) (พิมพ์ครั้งที่ 2). บุ๊คเน็ท. (ต้นฉบับพิมพ์ ปี ค.ศ. 2001).

3.3 หนังสือที่ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์ และสำนักพิมพ์

ผู้แต่ง. (ม.ป.ป. หรือ n.d.). *ชื่อเรื่อง* (พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป). ม.ป.พ. หรือ n.p.

ตัวอย่าง

วิจารณ์ พานิช. (2558). *การเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง* [Transformative learning]. ม.ป.พ.

วิจิตร ศรีสอ้าน. (ม.ป.ป.). *หลักการอุดมศึกษา*. วัฒนาพานิช.

Astin, Alexander W. (1993). *What matters in college*. n.p.

Kolb, D.A. (n.d.). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. SAGE.

3.4 บทความในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. ในหรือ In ชื่อบรรณาธิการ (บ.ก. หรือ Ed. หรือ Eds.), *ชื่อเรื่อง* (น. หรือ p. หรือ pp.เลขหน้า). สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ณัฐพล ปัญญโสภณ. (2554). มุมมองของนักศึกษานิเทศก์ศาสตร์ต่อกระบวนการผลิตละครเพื่อการสื่อสาร. ใน ชนัญชี ภังคานนท์ (บ.ก.), *กระบวนทัศน์มหาวิทยาลัยไทยบนความท้าทายของเอเชียแปซิฟิก* (น.23-24). มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สุรพันธ์ สิทธิสุข. (2563). การสัมภาษณ์ประวัติ. ใน วิทยา ศรีดามา (บ.ก.), *การสัมภาษณ์ประวัติ และตรวจร่างกาย* (พิมพ์ครั้งที่ 12, น.1-7). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Gray, J. R. (2021). Discovering the world of nursing. In R. G. Jenifer, K. G. Susan (Eds.), *Burns & Grove's the practice of nursing research: Appraisal, synthesis, and generation of evidence* (9th ed., pp.1-18). Elsevier.

Sinnaeve, G. (2010). Use of near infrared spectroscopy for the determination of internal quality of entire apples. In S. Saranwong, S. Kasemumran, W. Thanapase, & P. Williams (Eds.), *Near infrared spectroscopy: Proceedings of the 14th international conference* (pp.255-259). IMP.

3.5 วารสาร

ชื่อผู้เขียนบทความ. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. *ชื่อวารสาร, เลขของปีที่*(เลขของฉบับที่), เลขหน้า. https://doi.org/เลข DOI หรือ URL (ถ้ามี)

ตัวอย่าง

ปิยะวิทย์ ทิพรส. (2553). การจัดการป้องกันและลดสารให้กลิ่นโคลน Geosmin ในผลิตภัณฑ์แปลรูปสัตว์น้ำ. *วารสารสุทธิปริทัศน์, 24*(72), 103-119. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/DPUSuthiparithatJournal/article/view/246149

Plows, J. F., Stanley, J. L., Baker, P. N., Reynolds, C. M., & Vickers, M. H. (2018). The pathophysiology of gestational diabetes mellitus. *International journal of molecular sciences, 19*(11), 3342. https://doi.org/10.3390/ijms19113342

Siriwongworawat, S. (2003). Use of ICT in Thai libraries: An overview. *Program: Electronic library and information systems, 37*(1), 38-43. https://doi.org/10.1108/00330330310460581

3.6 หนังสือพิมพ์

ผู้แต่ง. (ปีพิมพ์, วันเดือน). ชื่อบทความ. *ชื่อหนังสือพิมพ์*, น. หรือ p. หรือ pp.เลขหน้า. URL (ถ้ามี)

ตัวอย่าง

เฉลิมพล พลมุข. (2557, 20 ตุลาคม). จุดยืนของมหาวิทยาลัยราชภัฏ. *มติชน*, น.21.

ปรับยุทธศาสตร์ "ราชภัฏ" สู่การพัฒนาท้องถิ่น. (2560, 4 สิงหาคม). *กรุงเทพธุรกิจ*, น.15.

อว.ชู "วิศวกรสังคม" ทำงานในชุมชนได้ทุกมิติ. (2563, 20 กรกฎาคม). *เดลินิวส์*. https://www.dailynews.co.th/education/785949

Boonnoon, J. (2011, April 28). Manufacturers flood Thai market. *The Nation*, p.11.

3.7 วิทยานิพนธ์และปริญญานิพนธ์

ผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่อง* [ระดับวิทยานิพนธ์, ชื่อสถาบัน]. ชื่อฐานข้อมูล หรือ URL

ตัวอย่าง

จอย ทองกล่อมสี. (2555). *การพัฒนาตัวบ่งชี้ความรับผิดชอบต่อสังคมของสถาบันอุดมศึกษาไทย ตามหลักธรรมาภิบาล* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/35693

เสาวนีย์ คงนิรันดร. (2559). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระการดูแลของผู้ดูแลผู้ป่วยจิตเภท* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา]. ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis).

Burgess, Prairie Leigh. (2011). *Understanding how institutional leadership affects civic engagement on university campuses* [Doctoral dissertation, University of Arkansas]. http://scholarworks.uark.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1079&context=etd&httpsredir=1&referer

Harris, L. (2014). *Instructional leadership perceptions and practices of elementary school leaders* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Virginia. ***กรณีวิทยานิพนธ์และปริญญานิพนธ์ไม่เผยแพร่หรือ Unpublished*

Worawalai, W. (2014). *∝-Glucosidase inhibitors from N-substituted aminocyclitol derivatives and total synthesis of CJ-16,264 [*Doctoral dissertation, Chulalongkorn University.*]* https://bit.ly/3sGuBFh

3.8 รายงานการประชุมวิชาการ (Proceeding)

ผู้แต่ง. (ปี). ชื่อบทความ. ใน ชื่อบรรณาธิการ (บ.ก.), *ชื่อหัวข้อการประชุม. ชื่อการประชุม* (น. เลขหน้า). ฐานข้อมูล

ตัวอย่าง

พัชราภา ตันติชูเวช. (2553). การศึกาทั่วไปกับคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ในประเทศมาเลเซีย และสิงคโปร์ ศึกษาโดยเปรียบเทียบกับประเทศไทย. ใน ศิริชัย กาญจนวาสี (บ.ก.), *การขับเคลื่อนคุณภาพการศึกษาไทย. การประชุมวิชาการและเผยแพร่ผลงานวิจัยระดับชาติ* (น. 97-102). คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Katz, I., Babayan, K., & Aghajan, H. (2007). A multi-touch surface using multiple cameras. In J. Blanc-Talon, W. Philips, D. Popescu, & P. Scheunders (Eds.), *Lecture notes in computer science: Vol. 4678. Advanced concepts for intelligent vision systems* (pp. 97-108). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74607-2_9

3.9 กรณีไม่ปรากฏชื่อผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ

ให้นำชื่อบทความ หรือ ชื่อเรื่อง แทนตำแหน่งหรือผู้รับผิดชอบ จากนั้นเรียงตามรูปแบบของเอกสารที่อ้างอิง

ตัวอย่าง

IDCL ยกระดับไอทีไทย สู่มาตรฐานสากล. (2559). *นิตยสารดิจิทัล เอจ., 207*, 38-40.

ย้อนคดีเชอรี่แอน “แพะในตำนาน” 17 ปี คดีประวัติศาสตร์ จ่าย 26 ล้าน ไถ่บาป “ตำรวจ” ยื้อจนสุดทาง. (2565, 22 พฤศจิกายน). *มติชนสุดสัปดาห์ออนไลน์*. https://www.matichonweekly.com/special/scoop/article_20990

The bluebllk: A uniform system of citation (20th ed.). (2015). Harvard Law Review Association.

Research replicate famous marshmallow test, make new observations. (2018, May 25). Medical Xpress. https://medicalxpress.com/news/2018-05-replicate-famous-marshmallow.html?utm_source=tabs&utm_medium=link&utm_campaign=story-tabs

3.10 ราชกิจจานุเบกษา

ชื่อกฎหมาย. (ปี, วัน เดือน). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม เลขเล่ม ตอนที่ เลขตอน. หน้า เลขหน้า.

ตัวอย่าง

ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา พ.ศ. 2548. (2548, 25 พฤษภาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 122 ตอนพิเศษ 39 ง. หน้า 14-23.

พระราชบัญญัติกองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา พ.ศ. 2561. (2561, 13 พฤษภาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 135 ตอนที่ 33 ก. หน้า 1-18.

พระราชบัญญัติประถมศึกษา (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2505. (2505, 27 กรกฎาคม). *ราชกิจจานุเบกษา* (ฉบับพิเศษ). เล่ม 79 ตอนที่ 67. หน้า 24-31.

3.11 เว็บไซต์

ผู้แต่ง. (ปี). *ชื่อเรื่อง*. ชื่อเว็บไซต์. URL

ตัวอย่าง

ชัชวาล วงค์สารี. (2566). *มโนทัศน์เกี่ยวกับผู้สูงอายุและหลักการพยาบาลผู้สูงอายุ* [PowerPoint slides]. SlideShare. https://bit.ly/3ok6Voz

สมหมาย ปาริจฉัตต์. (2567). *หลักสูตรการศึกษาถูกล็อค*. มติชนออนไลน์. https://www.matichon.co.th/article/news_4493411

Ameriacn Psychological Association. (n.d.). *APA style: Learning APA style*. https://apastyle.apa.org/learn/index?tab=2

Forbes, Scott H. (n.d.). *socially responsible education*. http://holistic-education.net/articles/soc-resp.pdf

Science. (2018). *First footage of deep-sea anglerfish pair* [Video]. Facebook. https://bit.ly/3uOGOZl

Stafford, T. (2018). *The backfire effect is elusive*. Mind Hacks. https://mindhacks.com/2018/01/03/the-backfire-effect-is-elusive/

คำชี้แจงสิทธิส่วนบุคคล

ชื่อและที่อยู่อีเมลที่ปรากฏในเว็บไซต์ หรือวารสารนี้จะถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ของวารสารนี้โดยเฉพาะ และจะไม่ถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดหรือให้กับบุคคลอื่นใด

ความรับผิดชอบในเนื้อหา

ผลการวิจัยและข้อคิดเห็นใด ๆ ที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน กองบรรณาธิการวารสารและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ไม่จำเป็นต้องรับผิดชอบหรือเห็นด้วย

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000
โทรศัพท์ 061-2692552
E-mail: journal@uru.ac.th
http://www.tci-thaijo.org/indexphp/uruj/index