การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการเพาะปลูกกระชายขาว

DEVELOPMENT OF ORANIC FERTILIZER FOR *BOESENBERGIA ROTUNDA (L.)* MANSF. CULTIVATION

ชนาภา ไวยลาพี, พรพรรณ มณีวรรณ์, จักรกฤษณ์ คณารีย์, กฤษดา ศรีหมตรี และ โชคชัย แซ่ว่าง*
Chanapa Wailapee, Pornphun Maneewan, Chakkrit Khanaree, Kritsada Srihomtree and Chokchai Sae-wang*

วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
School of Traditional and Alternative Medicine, Chiang Rai Rajabhat University

Received: 3 May 2025 Revised: 25 December 2025 Accepted: 26 December 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการปลูกกระชายขาว เริ่มตั้งแต่การตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนัก และสารฆ่าแมลงในตัวอย่างดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาวก่อนการเพาะปลูก การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกระชายขาว นำมาสู่การเตรียมพื้นที่และเพาะปลูกกระชายขาวโดยแบ่งเป็น 2 แปลง คือ แปลงปลูกที่ไม่มีการปรุงดินและแปลงปลูกที่มีการปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ พร้อมเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกระชายขาว ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาว ไม่พบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลง แต่ตรวจพบการปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาวในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สำหรับการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน ประกอบด้วย ใบไม้แห้ง ปุ๋ยคอก (ขี้วัว) และแกลบดิบ ในอัตราส่วน 3:1:1 ผสมน้ำจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส (EM) แล้วนำไปปรุงดินในแปลงทดลอง เมื่อตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารในดินพบว่าปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นประมาณ 2.6 เท่า สอดคล้องกับน้ำหนักของเหง้ากระชายขาวสดจากแปลงปลูกที่ผ่าน

* Corresponding author: โชคชัย แซ่ว่าง
E-mail: Chokchai.sae@crru.ac.th

การปรุงมีค่ามากกว่าแปลงปลูกที่ไม่ผ่านการปรุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,161.20±33.30 และ 675.80±61.56 กรัม ตามลำดับ ลักษณะเหง้ามีสีน้ำตาลและอวบน้ำกว่า ใบมีสีเขียวเข้มกว่าอย่างชัดเจน ขณะที่กลิ่นและรสชาติเหมือนกัน

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์, กระชายขาว, การพัฒนา, การเพาะปลูก

Abstract

This study aimed to develop an organic fertilizer formulation suitable for cultivating *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf. Before cultivation, soil, water, and *B. rotunda* seedling samples were analyzed to assess potential contamination by heavy metals and pesticide residues. The cultivation experiment was conducted in two plots: a control plot without soil amendment and an experimental plot amended with organic fertilizer. Growth performance of *B. rotunda* in both plots was subsequently compared. The results indicated that no pesticide residues were detected in the soil, water, or seedling samples. Although trace amounts of heavy metals were present, their concentrations did not exceed the permissible limits established by the Food and Drug Administration. To enhance soil nutrient availability, an organic fertilizer composed of dried leaves, manure, and raw rice husk, in a 3:1:1 ratio, was prepared and supplemented with an effective microorganism (EM) solution before application to the experimental plots. Soil nutrient analysis after amendment demonstrated a slight increase in exchangeable nitrogen and potassium, while available phosphorus increased approximately 2.6-fold. Consistent with these findings, the average fresh rhizome weight of *B. rotunda* cultivated in the amended plots was significantly higher than that of the control plots ($p<.05$), with mean values of 1,161.20 ± 33.30 g and 675.80 ± 61.56 g, respectively. Moreover, rhizomes from the amended plots exhibited a darker brown coloration and higher succulence, and the leaves were noticeably

darker green. However, no discernible differences in aroma or taste were observed between treatments.

Keywords: Organic fertilizer, *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf., Development, Cultivation

บทนำ

กระชายขาว (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.) เป็นพืชสมุนไพรที่มีกลิ่นและรสเฉพาะที่มีคุณค่าทางโภชนการสูงนิยมใช้เป็นเครื่องปรุงอาหาร และมีคุณค่าทางการแพทย์ เนื่องจากกระชายขาวมีสรรพคุณทางยา แก้ปากเปื่อย ปากแตกเป็นแผล ขับระดูขาว แก้ใจสั่น แก้ปวดมวนในท้อง แก้บิดมูกเลือด บำรุงกำลัง แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกันในอินโดนีเซียมักใช้กระชายขาว เป็นยาบำรุงแบบดั้งเดิมสำหรับสตรีหลังคลอดบุตร และผลิตภัณฑ์เสริมความงามสำหรับเด็กผู้หญิงวัยรุ่น (Chaudhury & Rafei, 2001) และปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมรับประทานเป็นอาหารต้านโรค เนื่องจากมีสารสำคัญมากมาย (ซาฟียะห์ สะอะ, 2562) สารสกัดกระชายขาวและสาร Panduratin A ที่พบในกระชายขาว มีการศึกษาพบว่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อ SARS-CoV-2 ที่ก่อให้เกิดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถยับยั้งการติดเชื้อในเซลล์ Vero E6 และเซลล์เยื่อบุผิวทางเดินหายใจของมนุษย์ (Kanjanasirirat et al., 2020) หลังจากที่ผู้คนตระหนักถึงประโยชน์ของสมุนไพรมากขึ้น ความต้องการกระชายขาวทั้งในรูปแบบสดและแปรรูปก็เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเนื่องจากความต้องการสูง ทำให้ราคาขายของกระชายขาวเพิ่มสูงขึ้น เกษตรกรสามารถสร้างรายได้เสริมจากการปลูกกระชายขาวได้ รวมทั้งกระชายขาวเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพแวดล้อม และไม่ต้องการการดูแลเอาใจใส่มากนัก ดังนั้นกระชายขาวจึงถือได้ว่าเป็นพืชที่มีความต้องการในตลาดสูง

การเพาะปลูกกระชายขาวให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานและมีฤทธิ์ยา จำเป็นต้องมีการดูแลและจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม แต่พื้นที่สำหรับการเพาะปลูกในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้สารเคมีเป็นหลัก เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารเคมีในการเกษตร เช่น สารฆ่าแมลง ปุ๋ยเคมี ทำให้สารเคมีเหล่านี้ตกค้างในดิน น้ำ และอาจปนเปื้อนไปยังหัวกระชายขาวซึ่งเป็นพืชที่มีรากสะสมอาหารใต้ดิน ส่งผลต่อคุณภาพของวัตถุดิบ

และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยทางออกของปัญหานี้คือการหันมาใช้ทำการเกษตรแบบยั่งยืน การปลูกพืชหมุนเวียน การใช้เศษวัสดุทางการเกษตรคลุมดิน และใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และลดการใช้สารเคมีลง ซึ่งจะส่งผลให้กระชายขาวที่ได้มีคุณภาพดี ปลอดภัย ตลอดจนเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ปุ๋ยอินทรีย์ทำจากวัสดุอินทรีย์ด้วยวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัดจนวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์ ซึ่งเกษตรกรสามารถทำขึ้นมาใช้เองได้ มีประโยชน์ช่วยปรับสภาพดินให้มีความร่วนซุยสามารถระบายน้ำได้ดี ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน ช่วยเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อดิน รวมถึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Singh et al., 2021) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระยะยาวมีผลดีต่อคุณภาพและเพิ่มผลผลิต (สวรรค์ มณีโชติ และ ดุสิต อธินุวัฒน์, 2562) ช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมี สารกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (อัญชนา ณ ระนอง, 2559) การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากแบบไม่พลิกกลับกอง วิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 เป็นที่ยอมรับในวงการเกษตรกรรมไทย เนื่องจากมีการใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของพืช (ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร, 2558) ร่วมกับการเสริมน้ำจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส (EM) เพื่อเร่งการย่อยสลาย เนื่องจากแกลบดิบมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความร่วนซุยของดิน ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการขยายตัวของเหง้ากระชายขาวใต้ดิน การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกระชายขาวเพื่อใช้เป็นยา

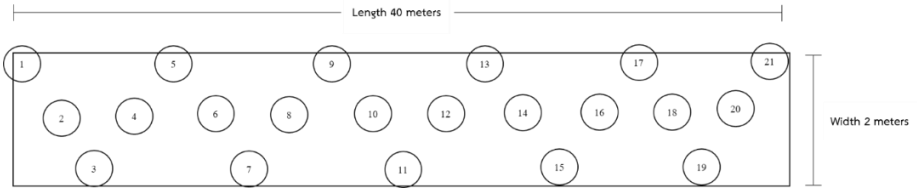
วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยในครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เริ่มตั้งแต่การตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนักและสารฆ่าแมลงในตัวอย่างดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาว จากนั้นจึงพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกระชายขาว การเตรียมพื้นที่ปลูกและทำการเพาะปลูกกระชายขาวในแปลงปลูก พร้อมบันทึกผลการเจริญเติบโต โดยมีระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 ในพื้นที่แปลงปลูกสมุนไพรของวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยมีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารฆ่าแมลงในตัวอย่างดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาวก่อนการเพาะปลูก

1.1 การเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาว

1) การเก็บตัวอย่างดิน ดัดแปลงข้อมูลจากกรมวิชาการเกษตร (2548) อาศัยวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างดินให้ทั่วแปลง จำนวน 21 จุด ซึ่งคำนวณจากพื้นที่แปลงปลูก ยาว 40 เมตร และกว้าง 2 เมตร (ดังรูปที่ 1) จากนั้นจึงเก็บดินด้วยวิธีการใช้พลั่วขุดดินเป็นรูปลิ่มที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร นำดินที่ได้จากการเก็บรวบรวมใส่ถุงเก็บตัวอย่างที่สะอาด คลุกเคล้าดินแต่ละจุดที่เก็บมาได้ให้เข้ากันตามหลักการตัวอย่างผสม จากนั้นทำการตากดินจนดินแห้งและร่อนด้วยตะแกรงเพื่อคัดก้อนหิน ทรายและเศษพืชอื่นๆ ออก แล้วเก็บตัวอย่างดินในภาชนะที่ปิดสนิทในสภาพอากาศเย็น



รูปที่ 1 พื้นที่เพาะปลูกและจุดในการเก็บตัวอย่างดิน

2) การเก็บตัวอย่างน้ำ โดยแหล่งน้ำในแปลงปลูกเป็นแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งทำการเก็บน้ำส่วนกลาง คือ ทำการเปิดน้ำทิ้งช่วงแรก แล้วทำการเก็บน้ำช่วงที่สองหลังจากปล่อยน้ำทิ้งในส่วนแรก บรรจุลงในขวดพลาสติกที่สะอาดและปิดฝาให้สนิท (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

3) การเก็บตัวอย่างต้นพันธุ์กระชายขาว โดยการเลือกสายพันธุ์กระชายขาวป่าจากอำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นเหง้ากระชายขาวที่เก็บในช่วงที่แก่จัดอายุประมาณ 36 สัปดาห์ขึ้นไป ลำต้นแห้งตาย เป็นเหง้าสมบูรณ์ แล้วคัดแยกดินและรากแห้งของกระชายขาวออก ทำการล้างด้วยระบบน้ำไหล 3 น้ำ พร้อมกับคัดแยกส่วนที่สูญเสียและสิ่งปลอมปน แล้วแยกหัวกับเหง้าออก นำเหง้ามาหั่นและอบแห้งด้วยตู้อบสมุนไพรไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาบดละเอียดแล้วบรรจุลงในภาชนะที่ปิดสนิท

1.2 การตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนัก

การตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะ 4 ชนิด ได้แก่ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท เป็นไปตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2547 ว่าด้วย เรื่อง หลักเกณฑ์การพิจารณาขึ้นทะเบียนตำรับยาแผนโบราณเกี่ยวกับมาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนัก ซึ่งอาศัยวิธีการตรวจหาการปนเปื้อนโลหะหนัก ดังนี้ 1) วิธีการตรวจหาการปนเปื้อนโลหะหนัก ตามวิธีการ In-house method TE-CH-329 based on A Handbook of Soil Analysis 1/2553 and Environmental Protection Agency (EPA) 3052, 1996 2) การปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำ ตามวิธีการ In-house method TE-CH-037 based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APH, AWMA WEF, 23rd Edition, 2017, Part 3030 E, 3120 B, 3125 B และ 3) ตรวจการปนเปื้อนโลหะหนักในต้นพันธุ์กระชายขาว ตามวิธีการ In-house method TE-CH-260 in connection with: AOAC International (2019) 2013.06, AOAC International (2019), 999.10 ณ ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่

1.3 การตรวจสอบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลง

ตรวจสอบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลง จำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ ออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต และไพรีทรอยด์ ดังนี้ 1) ตรวจสอบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลงในดิน ตามวิธีการ In-house Method TE-CH-030 Based on Steinwandter,H Universal 5 min On-line Method for Extracting and Isolating Pesticide Residue and Industrial Chemicals Fresenius Z. Chem. (1985) No.1155 2) ตรวจสอบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลงในน้ำ จำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ ออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต และไพรีทรอยด์ ตามวิธีการ In-house method TE-CH-207 Based on EPA 507, 508 method) และ 3) ตรวจสอบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลงในตัวอย่างต้นพันธุ์กระชายขาว ตามวิธีการ In-house Method TE-CH-030 Based on Steinwandter,H Universal 5 min On-line Method for Extracting and Isolating Pesticide Residue and Industrial Chemicals Fresenius Z. Chem. (1985) No.1155 ณ ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่

2. การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์และการเตรียมพื้นที่แปลงปลูกกระชายขาว

จากการศึกษารวบรวมความรู้เกี่ยวพื้นที่ที่เหมาะเพาะปลูกกระชายขาว จะมีลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดี รวมถึงจะต้องมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน

ทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณที่เพียงพอ จึงจะทำให้กระชายขาวสามารถเจริญเติบโตและสร้างสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางยาได้ ดังนั้นเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกกระชายขาว ผู้วิจัยจึงได้ วิธีการทำเริ่มจากการพัฒนาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ตามแนวทางการทำปุ๋ยอินทรีย์แบบไม่พลิกกลับกองของวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 ซึ่งมีจุดพิจารณาคือการเลือกใช้วัสดุตามธรรมชาติในอัตราส่วนที่เหมาะสมและสามารถปรับปรุงดินให้มีลักษณะร่วนซุยเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกระชายขาว โดยเลือกใช้วัสดุที่เหลือใช้จากท้องถิ่นประเภทใบไม้ที่ร่วงหล่นตามธรรมชาติ อาทิ ใบก้ามปู ใบมะหาด ใบพลับพลา ซึ่งนำใบไม้แห้ง ปุ๋ยคอก (ขี้วัว) แกลบดิบ (อายุมากกว่า 1 ปี) ในอัตราส่วน 3 : 1 : 1 นำใบไม้แห้งมาเกลี่ยเป็นชั้น ฐานกว้าง 2 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 10 เซนติเมตร ใช้ปุ๋ยคอกและแกลบดิบ อย่างละ 30 กิโลกรัม เกลี่ยทับใบไม้ให้เสมอกัน ทำซ้ำ 5 ชั้น รดด้วยน้ำจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส (EM) และรดน้ำให้ความชื้นภายนอกทุกวัน รวมถึงให้น้ำเพื่อเพิ่มความชื้นภายในทุกๆ 10 วัน จนครบ 60 วัน แล้วจึงนำปุ๋ยอินทรีย์มาตากแดดให้แห้ง ใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน

การเตรียมพื้นที่แปลงปลูกด้วยการไถพรวนให้ดินเกิดการร่วนซุยและกำจัดวัชพืช จากนั้นทำการแบ่งพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ออกเป็น 2 แปลง ดังนี้

(1) แปลงปลูกกระชายขาวที่ไม่มีการปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์

(2) แปลงปลูกกระชายขาวที่มีการปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยนำดินมาผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ แกลบดิบ (อายุมากกว่า 1 ปี) และแกลบดำ ในอัตราส่วน 2 : 1 : 2 : 1 ตามลำดับ

จากนั้นจึงนำดินจากแปลงปลูกทั้ง 2 แปลง เข้าสู่กระบวนการตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ตามวิธีการ A Hand book of soil analysis: chemical and physical methods (2553) ณ ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่

3. การเพาะปลูกกระชายขาวและบันทึกผลการเจริญเติบโต

การเพาะปลูกกระชายขาว เริ่มตั้งแต่การคัดเลือกสายพันธุ์โดยใช้กระชายขาวป่าจากอำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นเหง้าที่เก็บในช่วงที่กระชายขาวแก่จัด มีอายุประมาณ 36 สัปดาห์ขึ้นไป ลำต้นแห้งตาย เป็นเหง้าสมบูรณ์ ไม่เป็นโรค มีตาอย่างน้อย 2-3 ตา/ต้น จากนั้นนำเหง้าพันธุ์มาบ่มเพาะในกระบะด้วยแกลบดำ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ เมื่อเหง้ากระชายขาวเริ่มงอกแล้ว จึงนำมาจัดแบ่งต้นพันธุ์ จำนวน 2 ชุด ชุดละ 40 ต้น ขุดหลุมลึกประมาณ

10-15 เซนติเมตร โดยมีระยะห่าง 30x30 เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกหมัก หลุมละ 200 กรัม นำต้นกล้ากระชายมาปลูกลงในแปลงทั้ง 2 แปลง แล้วพรางแสงด้วยการคลุมด้วยฟาง โดยจะมีการดูแลรักษาด้วยการรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง ร่วมกับกำจัดวัชพืชที่ขึ้นรอบแปลงเป็นประจำ

การติดตามและบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของกระชายขาว ทำการสุ่มต้นกระชายขาว จำนวน 5 ต้น ทั่วทั้งแปลงปลูก มาทำการตรวจวัดความสูงของต้นพืชด้วยไม้บรรทัด โดยวัดจากพื้นดินจนถึงปลายใบ ตรวจนับจำนวนใบ และบันทึกภาพสีของใบเพื่อเทียบเทียบกับแถบสีตามหลัก CMYK ตามช่วงระยะเวลา 3 ช่วง ได้แก่ (1) ก่อนการปลูก (2) หลังการปลูก 3 สัปดาห์ และ (3) หลังการปลูก 6 สัปดาห์ โดยเมื่อถึงระยะเวลาที่ 36 สัปดาห์ จึงทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสุ่มไว้มาชั่งน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักของผลผลิตที่ได้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองเชิงปริมาณจะแสดงผลในรูปแบบ Mean ± SD และจะพิจารณาความแตกต่างของความสูงเฉลี่ยและจำนวนใบเฉลี่ยระหว่างแปลงปลูกทั้งสองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p<0.05$) โดยใช้การวิเคราะห์ด้วย independent samples t-test โดยใช้โปรแกรม GraphPad QuickCalcs (GraphPad Software, San Diego, CA, USA)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารฆ่าแมลงในตัวอย่างดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาวก่อนการเพาะปลูก

การตรวจสอบการปนเปื้อนเป็นการตรวจสอบเพื่อดูปริมาณสารตกค้าง ได้แก่ สารฆ่าแมลงและโลหะหนัก ซึ่งสารตกค้างดังกล่าวมีโอกาสปนเปื้อนในดิน น้ำและต้นพันธุ์ได้ ถ้าหากมีการปนเปื้อนสารตกค้างเกินจากเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) จะทำให้สมุนไพรที่ได้เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอีก

1.1 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลง

จากการตรวจสอบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลงในดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาว ไม่พบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลง ในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต และกลุ่มไพรีทรอยด์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงในดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาว

รายการทดสอบ	ผลการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลง			หน่วย
	ดิน	น้ำ	ต้นพันธุ์	
กลุ่มออร์กาโนคลอรีน				
alpha-HBC / alpha-HCH	ND	ND	ND	mg/kg
beta-HBC / beta-HCH	ND	ND	ND	mg/kg
Heptachlor	ND	ND	ND	mg/kg
Heptachlor epoxide	ND	ND	ND	mg/kg
HHDN	ND	ND	ND	mg/kg
HEOD	ND	ND	ND	mg/kg
DDT	ND	ND	ND	mg/kg
Total endosulfan	ND	ND	ND	mg/kg
Total chlordance	ND	ND	ND	mg/kg
กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต				
Methamidophos	ND	ND	ND	mg/kg
Mevinphos	ND	ND	ND	mg/kg
Diazinon	ND	ND	ND	mg/kg
Dicrotophos	ND	ND	ND	mg/kg
Monocrotophos	ND	ND	ND	mg/kg
Dimethate	ND	ND	ND	mg/kg
Chlorpyrifos	ND	ND	ND	mg/kg
Fenitrothion	ND	ND	ND	mg/kg
Prothiofos	ND	ND	ND	mg/kg
Profenofos	ND	ND	ND	mg/kg
Triazophos	ND	ND	ND	mg/kg
DDVP	ND	ND	ND	mg/kg
Ethion	ND	ND	ND	mg/kg
EPN	ND	ND	ND	mg/kg
Prosalone	ND	ND	ND	mg/kg

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงในดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาว (ต่อ)

รายการทดสอบ	ผลการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลง			หน่วย
	ดิน	น้ำ	ต้นพันธุ์	
กลุ่มคาร์บาเมต				
Qxamyl	ND	ND	ND	mg/kg
Methomy	ND	ND	ND	mg/kg
Carbaryl	ND	ND	ND	mg/kg
Isoprocarb	ND	ND	ND	mg/kg
Fenobucarb	ND	ND	ND	mg/kg
Methiocarb	ND	ND	ND	mg/kg
Promecrab	ND	ND	ND	mg/kg
Total carbofuran	ND	ND	ND	mg/kg
กลุ่มไพรีทรอยด์				
Bifenthrin	ND	ND	ND	mg/kg
Permethrin	ND	ND	ND	mg/kg
Cyhalothrin	ND	ND	ND	mg/kg
Cypermethrin	ND	ND	ND	mg/kg
Cyfluthrin	ND	ND	ND	mg/kg
Fenvalerate	ND	ND	ND	mg/kg

ND = Not detected

1.2 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนัก

จากการตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาว ตรวจพบการปนเปื้อนสารหนูเท่ากับ 3.5, 0.0016 และ 0.4 ppm ตามลำดับ พบการปนเปื้อนแคดเมียมในต้นพันธุ์กระชายขาว เท่ากับ 0.030 ppm ส่วนดินและน้ำไม่ปรากฏการปนเปื้อนของแคดเมียม พบการปนเปื้อนของตะกั่วเท่ากับ 9.6, 0.0095 และ 0.30 ppm ตามลำดับ พบการปนเปื้อนของปรอทในต้นพันธุ์กระชายขาว <0.018 ppm ส่วนในดินและน้ำไม่พบการปนเปื้อนของสารปรอท ซึ่งจากผลการตรวจแสดงให้เห็นว่าดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาวมีการปนเปื้อนของโลหะหนักบางตัวแต่มีค่าที่ไม่เกินค่ามาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนัก ตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2547 ว่าด้วยเรื่อง หลักเกณฑ์การพิจารณาขึ้นทะเบียนตำรับยาแผนโบราณเกี่ยวกับมาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนัก (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาว

รายการทดสอบ	ผลการปนเปื้อนของโลหะหนัก (ppm)			ค่ามาตรฐาน
	ดิน	น้ำ	ต้นพันธุ์	
สารหนู (As)	3.5	0.0016	0.4	≤ 4 ppm
แคดเมียม (Cd)	ND	ND	0.030	≤ 0.3 ppm
ตะกั่ว (Pb)	9.6	0.0095	0.30	≤ 10 ppm
ปรอท (Hg)	ND	ND	<0.018	≤ 0.5 ppm

ND = Not detected

2. ผลการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์โดยการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุอาหารหลักในดิน

ผลการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์และปรับสภาพดินในแปลงปลูกกระชายขาวอาศัยการตรวจวิเคราะห์ผลปริมาณแร่ธาตุอาหารหลักในดิน โดยเปรียบเทียบระหว่างแปลงปลูกกระชายขาวที่ไม่มีการปรุงดินและแปลงปลูกกระชายขาวที่มีการปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ปริมาณแร่ธาตุอาหารหลักในแปลงที่มีการผสมปุ๋ยอินทรีย์ มีไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนมากกว่าเพียงเล็กน้อย ขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นประมาณ 2.6 เท่า เมื่อเทียบกับดินจากแปลงที่ไม่มีการผสมปุ๋ยอินทรีย์ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในแปลงปลูกกระชายขาว

รายการทดสอบ	ปริมาณธาตุอาหารหลัก		หน่วย
	แปลงที่ 1 : ดินไม่ปรุง	แปลงที่ 2 : ดินปรุงด้วยปุ๋ย	
ไนโตรเจน	0.43	0.45	g/100g
ฟอสฟอรัส	32.96	87.13	mg/kg
โพแทสเซียม	0.0067	0.068	%(wt)

3. ผลการเจริญเติบโตของกระชายขาว

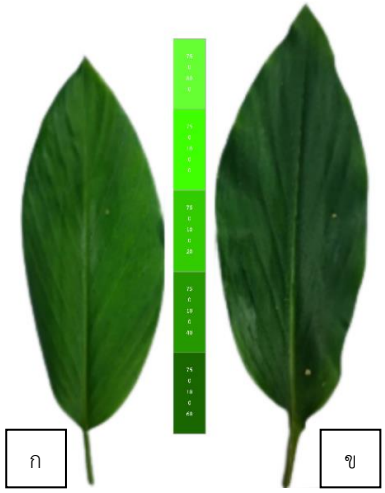
จากการบันทึกผลการเจริญเติบโตของต้นกระชายขาวในแปลงปลูกที่ไม่ผ่านและผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งก่อนก่อนปลูก หลังการปลูก 3 สัปดาห์ และหลังการปลูก 6 สัปดาห์ พบว่า ต้นกระชายขาวจากแปลงปลูกที่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์มีความสูงเฉลี่ยของต้นกระชายขาวที่มากกว่าเมื่อเทียบกับต้นกระชายขาวจากแปลงปลูกที่ไม่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ย

อินทรีย์ ขณะที่อัตราการเพิ่มจำนวนใบของต้นกระชายขาวจากแปลงปลูกทั้ง 2 แปลง ไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 4) ซึ่งการที่พืชมีจำนวนใบและความสูงลำต้นเพิ่มขึ้นถือเป็นดัชนีชี้วัดถึงอัตราความเจริญเติบโตของพืช แต่จะพบว่าสีของใบมีความแตกต่างกัน (รูปที่ 2) กล่าวคือสีของใบต้นกระชายขาวจากแปลงทดลองที่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์จะมีสีเขียวเข้มระดับที่ 1 (75, 0, 100, 60) ขณะที่ต้นกระชายขาวแปลงทดลองที่ไม่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์มีสีเขียวแถบที่ 2 (75, 0, 100, 40) นอกจากนี้เมื่อทำการปลูกกระชายขาวครบ 36 สัปดาห์ ได้ทำการเก็บตัวอย่างกระชายขาวสดจากแปลงปลูกทั้ง 2 แปลง นำกระชายขาวมาล้างให้สะอาด ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกผล พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของหัว-เหง้ากระชายขาวจากแปลงปลูกที่ไม่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 675.80±61.56 กรัม ขณะที่น้ำหนักเฉลี่ยของหัวเหง้ากระชายขาวจากแปลงปลูกที่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 1,161.20±33.30 กรัม (ตารางที่ 5) ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของหัวเหง้ากระชายขาว ตามภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยโดยอาศัยการสังเกตลักษณะภายนอกและสีของเหง้ากระชาย การใช้ประสาทด้านการรับกลิ่นและรับรส พบว่า เหง้าของกระชายขาวทั้ง 2 แปลง มีสีน้ำตาล เนื้อด้านในสีเหลืองอ่อน แต่ลักษณะของเหง้ากระชายขาวจากแปลงปลูกที่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์จะมีลักษณะส่วนปลายอวบน้ำกว่าแปลงปลูกที่ไม่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์ (รูปที่ 3) กลิ่นและรสชาติของหัวเหง้าจากแปลงปลูกทั้ง 2 แปลงไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความสูงและจำนวนใบของกระชายขาว

ระยะเวลา	แหล่งที่ปลูก	ค่าเฉลี่ย	
		ความสูง (cm)	จำนวนใบ
ก่อนเพาะปลูก	ไม่ปรุงดิน	19.80±3.42	1±0.0
	ปรุงดิน	18.00±2.65	1±0.0
หลังเพาะปลูก 3 สัปดาห์	ไม่ปรุงดิน	27.20±2.39	3±0.6
	ปรุงดิน	30.60±2.41	3±0.6
หลังเพาะปลูก 6 สัปดาห์	ไม่ปรุงดิน	36.80±3.03	5±0.0
	ปรุงดิน	41.40±1.67*	5±0.0

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับดินที่ไม่ปรุง



รูปที่ 2 สีใบของกระชายขาว
(ก) ดินที่ไม่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์ (ข) ดินที่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของเหง้ากระชายขาวหลังจากปลูกครบ 36 สัปดาห์

แปลงปลูก	น้ำหนักเฉลี่ย (g)
ดินที่ไม่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์	675.80±61.56
ดินที่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์	1,161.20±33.30*

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับดินที่ไม่ปรุง

ก ข

รูปที่ 3 ลักษณะเหง้ากระชายขาว
(ก) ดินที่ไม่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์ (ข) ดินที่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์

การเพาะปลูกกระชาวขาวเพื่อใช้เป็นยา มีความสำคัญตั้งแต่แหล่งเพาะปลูกที่สามารถควบคุมการปนเปื้อนและให้ผลผลิตที่มีฤทธิ์ทางสรรพคุณยา ดังนั้นการเพาะปลูกพืชสมุนไพรควรเป็นแหล่งเพาะปลูกแบบอินทรีย์ที่ว่างเว้นจากการทำเกษตรกรรมแบบใช้สารเคมีมาไม่น้อยกว่า 3 ปี และพัฒนาพื้นที่เพาะปลูกให้มีธาตุอาหารอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วยการใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ และการปลูกพืชหมุนเวียน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2564) ซึ่งสอดคล้องกับผลตรวจสอบตัวอย่างดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาว ไม่พบการปนเปื้อนสารฆ่าแมลง แต่ตรวจพบการปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน น้ำ และต้นพันธุ์กระชายขาวในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินให้เหมาะสมกับการเพาะปลูกกระชายขาวโดยใช้ใบไม้แห้งที่ร่วงหล่นตามธรรมชาติมาผสมกับปุ๋ยคอก (ขี้วัว) แกลบดิบ (อายุมากกว่า 1 ปี) ในอัตราส่วน 3 : 1 : 1 และรดด้วยน้ำจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส (EM) เป็นผลให้มีไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นประมาณ 2.6 เท่า โดยใบไม้แห้งมีองค์ประกอบของวัตถุดิบที่มีสารคาร์บอนซึ่งจุลินทรีย์จะใช้เป็นแหล่งพลังงาน ขณะที่วัตถุดิบที่มีสารไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งจุลินทรีย์จะใช้เป็นแหล่งโปรตีนที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (นันทวัน ฤทธิ์เดช, 2556) จึงช่วยเพิ่มแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ดินและช่วยยับยั้งการเจริญและการเกิดโรคพืชของเชื้อโรคบางชนิดได้ (บัญชา รัตนีทู, 2552) จากนั้นเมื่อนำกระชายขาวมาปลูกลงในแปลงปลูกที่ไม่ผ่านการปรุงและผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของกระชายขาว พบว่า ต้นกระชายขาวจากแปลงปลูกที่ผ่านการปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์มีความสูงเฉลี่ยของต้นกระชายขาวที่มากกว่า แต่อัตราการเพิ่มจำนวนใบไม่มีความแตกต่างกัน รวมถึงน้ำหนักเฉลี่ยของเหง้ากระชายขาวสดมีค่าเท่ากับ 675.80±61.56 และ 1,161.20±33.30 กรัม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณเปรียบเทียบผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ พบว่าแปลงปลูกที่ไม่ผ่านการปรุงดินให้ผลผลิตประมาณ 5 ตันต่อไร่ ในขณะที่แปลงปลูกที่ผ่านการปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 9 ตันต่อไร่ สอดคล้องกับงานศึกษาของทรงกลด วัฒนพรชัย และคณะ (2568) พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยส่งเสริมการเจริญของพืชทั้งในส่วนของจำนวนใบ ความยาวของใบ และความสูงของต้น จากผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่าการปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

สรุปผลการวิจัย

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกกระชายขาวมีผลทำให้ต้นกระชายขาวเจริญเติบโตได้ดีขึ้น โดยมีความสูง จำนวนของหัว-เหง้า และน้ำหนักเฉลี่ยของเหง้ามากกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการเพาะปลูกพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นยา ควรมีการควบคุมตั้งแต่แหล่งเพาะปลูกและต้นพันธุ์ที่ปลอดสารปนเปื้อนทั้งโลหะหนักและสารฆ่าแมลง รวมถึงมีการปรับปรุงคุณภาพดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2548). *คู่มือการเก็บตัวอย่างดินและน้ำเพื่อการวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ควิกปรินท์ออฟเซ็ท.

ซาฟียะห์ สะอะ. (2562). กระชายเหลือง : ราชาแห่งสมุนไพร ที่ขึ้นชื่อว่าโสมไทย. *วารสารอาหาร, 49*(4), 16-21.

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร. (2558). *คู่มือการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากแบบม่พลิกกลับกองวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1*. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ทรงกลด วัฒนพรชัย, นิสา พักตร์วิไล, สุนทรี จีนธรรม และ ประวรดา โภชนจันทร์. (2568). การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากกากยาสมุนไพรและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. *วารสารสิ่งแวดล้อมศึกษาการแพทย์และสุขภาพ, 10*(1), 189-198.

นันทวัน ฤทธิ์เดช. (2556). ข้อควรพิจารณาก่อนทำปุ๋ยหมัก. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 41*(3), 595-606.

บัญชา รัตนีทู. (2552). ปุ๋ยอินทรีย์ฟื้นฟูสภาพดิน. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 1*(2), 1-16.

สวรรค์ มณีโชติ และ ดุสิต อธินุวัฒน์. (2562). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความความสำเร็จของเกษตรอินทรีย์ในชุมชนเกษตรกรรายย่อย จังหวัดนครสวรรค์. *Thai Journal of Science and Technology, 8*(6), 596-608.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2564). *เกษตรอินทรีย์: การผลิต การแปรรูป การแสดงฉลาก และการจำหน่ายผลิตผลและผลิตภัณฑ์อินทรีย์ (มกษ. 9000-2564)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.

อัญชนา ณ ระนอง. (2559). การเกษตรที่ลดการพึ่งพิงสารเคมี: กรณีศึกษา กลุ่มเกษตรกรบางกลุ่ม ในจังหวัดจันทบุรีและปทุมธานี. *วารสารการจัดการภาครัฐและภาคเอกชน, 23*(2), 93-118.

AOAC International. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Chaudhury, R. R., & Rafei, U. M. (2001). *Traditional Medicine in Asia*. India: Regional Office for South-East Asia, New Delhi.

Kanjanasirirat, P., Suksatu, A., Manopwisedjaroen, S., Munyoo, B., Tuchinda, P., Jearawuttanakul, K., Seemakhan, S., Charoensutthivarakul, S., Wongtrakoongate, P., Rangkasenee, N., Pitiporn, S., Waranuch, N., Chabang, N., Khemawoot, P., Sa-ngiamsuntorn, K., Pewkliang, Y., Thongsri, P., Chutipongtanate, S., Hongeng, S., Borwornpinyo, S., & Thitithanyanont, A. (2020). High-content screening of Thai medicinal plants reveals Boesenbergia rotunda extract and its component Panduratin A as anti-SARS-CoV-2 agents. *Scientific Reports*, *10*(19963), 1-12.

Singh, R., Babu, S., Avasthe, R. K., Meena, R. S., Yadav, G. S., Das, A., Mohapatra, K. P., Rathore, S. S., Kumar, A., & Singh, C. (2021). Conservation tillage and organic nutrients management improve soil properties, productivity, and economics of a maize-vegetable pea system in the Eastern Himalayas. *Land Degradation & Development, 32*(16), 4637-4654.